

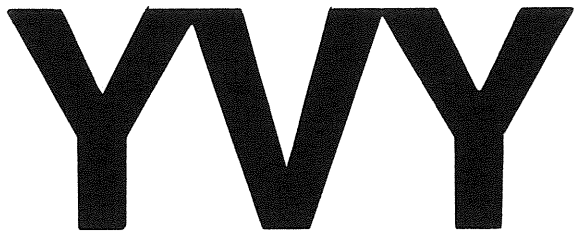
YVY

TUTKIMUS 14

Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus

yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1976



TUTKIMUS 14

Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus

VESIHALLITUKSEN PROJEKTI N:O 7520.

UKI RAUSTI
ESKO HEINONEN
JUSSI HOOLI
INTO KEKKONEN
REINO RYHÄNEN
MARJA-LEENA SAVIRANTA
HEIKKI TERÄSVIRTA

MAA JA VESI OY

PERTTI KANTANEN
JYRKI WARTIOVAARA

OY NOKIA AB/ELEKTRONIIKKA

MATTI TIAINEN

yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1976

ISBN 951-9250-63-8
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY
Luotsikatu 4, 00160 H:KI 16
PAINO: 90-630 230
MYynti: 90-440 211/KIRJAKAUPPA
RUNEBOERGINK. 14—16
(H:GIN KAUPPAKORKEAKOULU)
00100 Helsinki 10

ESIPUHE

YVY-projektin tavoitteeksi vesivarojen käytön osalta oli määritelly mm. seuraavaa.

- Perusteet ja menetelmät sopivan raakavesilähteen valinnalle (1.1.2.)
- Perusteet ja arviointimenetelmät jäteveden puhdistustavoitteiden ja tarkoituksenmukaisen purkupaikan ja -matkan selvittämiseksi (1.1.4.)
- Seuranta- ja arviointimenetelmät, joiden avulla voidaan arvioida erilaisten jätevesien ja muiden vesivaroja kuormittavien toimenpiteiden vaikutuksia (1.1.5.)

Jälkimmäisen tavoitteen osalta laadittiin esitutkimus E-5, jossa ehdotettiin mallivesistötutkimuksen hyödyntämistä jatkotutkimuksissa. HTKK:n vesitalouden laboratorio on yhteistoiminnassa VH:n vesientutkimuslaitoksen ja HY:n limnologian laitoksen kanssa kehittänyt Siuntionjokitutkimusta tarkoitetuksi mallivesistötutkimukseksi. Samanaikaisesti on vesihallitus nimennyt seurantatulosten hyödyntämistä selvittelevän työryhmän.

YVY-projektille on esitetty myös muiden ainakin osittain vesihuoltoon liittyvien ja em. tavoitteita palvelevien vesistötutkimusten rahoittamista. Kaikissa tutkimusesityksissä on kuitenkin vesihuololle odotettavissa oleva hyöty jäänyt yksilöimättä.

YVY-projektin johtoryhmä päätti edellisen perusteella suositella tutkimusta aiheesta "Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus". Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää yhdyskuntien vedenhankinnan ja jätevesien johtamisen suunnittelun ja käytön erityisvaatimukset vesistöissä tapahtuvalle seurantatutkimukselle sekä saatujen tietojen siirrolle ja hyväksikäytölle.

Tutkimustyö suoritettiin tammi-kesäkuussa 1975 ja sitä varten muodostettiin seuraava työryhmä:

pj. DI Uki Rausti, Maa ja Vesi Oy
ylikemisti Esko Heinonen, Helsingin kaupungin vesilaitos
prof. Jussi Hooli, HTKK/vesitalous
ylitark. Into Kekkonen, Vesihallitus
prof. Reino Ryhänen, HY/limnologian laitos
DI Marja-Leena Saviranta, Vesihallitus
DI Matti Tiainen, Oy Nokia Ab
siht. DI Heikki Teräsvirta, Vesihallitus

Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy on osallistunut tutkimukseen SITRAn toimeksiannosta päätehtävänään niiden parametrien hahmotaminen, joiden mittaaminen vesistötutkimuksessa palvelee vesihuoltoa. Maa ja Vesi Oy:ssä tehtävästä ovat huolehtineet MML Jyrki Wartiovaara ja TkL Pertti Kantanen.

DI Matti Tiainen Oy Nokia Ab:stä on laatinut selvitykset "Automaattikka vesihuollon edellyttämässä vesistötutkimuksessa", joka on tutkimuksen liitteenä (liite 2).

Tutkimusta on valvonut DI Veli-Matti Tiainen YVY-projektista. Tutkimuksen on rahoittanut vesihallitus.

Tutkimuksen perusteella YVY-projektin johtoryhmä on rajannut vesistötutkimukset YVY-projektin toiminnan ulkopuolelle. Vesihuolto on todettu vain yhdeksi käyttömuodoksi muiden joukossa, eikä sen edellyttämän vesistötutkimuksen rajaamista erilleen ole pidetty yleensä mahdollisena.

Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ESIPUHE	I
SISÄLLYSLUETTELO	III
JOHDANTO	V
YHTEENVETO	VI
ENGLISH SUMMARY	X
1. TEHTÄVÄN RAJAUS	1
2. VEDENHANKINNAN JA JÄTEVESIEN JOHTAMISEN EDELLYTTÄMÄN VESISTÖTUTKIMUKSEN YLEISIÄ NÄKÖKOHTIA	2
2.1 Vedenhankinta	2
2.1.1 Suunnittelu	2
2.1.2 Käyttö	3
2.2 Jätevesien johtaminen	4
2.2.1 Suunnittelu	4
2.2.2 Käyttö	5
3. PARAMETRIEN RYHMITTELY	7
4. NYKYTILANNE	10
4.1 Yhdyskuntien vedenhankintaan liittyvät vesistö- tutkimukset	10
4.2 Asumajätevesien johtamiseen liittyvät vesistö- tutkimukset	11
4.3 Koko maata koskevat seurantatutkimukset	13
5. PARAMETRIEN TÄRKEYS YHDYSKUNTIEN VESIHUOLLON KANNALTA	15
5.1 Perusteita	15
5.2 Raakaveden laatua kuvaavat parametrit	16
5.3 Asumajätevesien vaikutus vesistössä	18
5.3.2 Järven tilan kuvaus	20
5.3.3 Ennakointiin tähtäävä tutkimus	21
5.3.4 Jokitutkimus	23
5.3.5 Rannikkovesiä koskeva tutkimus	24

5.4	Biologiset parametrit	24
5.5	Hydrologiset parametrit	26
6.	OLEMASSA OLEVAN AINEISTON PUUTTEET	27
6.1	Puutteet yhdyskuntien vedenhankinnan kannalta	27
6.2	Puutteet asumajätevesien johtamisen kannalta	31
6.3	Ongelmat erityisesti vesilaitosten käytön kannalta	32
7.	SEURANNAN JA TUTKIMUKSEN KEHITTÄMISESTÄ	34
7.1	Kehittämiskohteita	34
7.2	Asumajätevesikuormitus ja vesistön sielo	35
8.	MALLIVESISTÖTUTKIMUKSET	37
8.1	Mallivesistölle asetettavista vaatimuksista Suomen oloissa	37
8.2	Havaintotiheys	38
	KIRJALLISUUTTA	41
	LIITTEET	

JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteenmäärittelyssä todetaan, että tarkoituksenmukaisen seurannan suorittamiseksi ja luotettavien tulosten saamiseksi tulee yhdyskuntien vedenhankintaa ja jätevesien johtamista palvelevissa vesistötutkimuksissa kiinnittää sekä määrä- että laatuhavainnoissa huomiota seuraaviin tekijöihin:

- havaintopaikkojen ja niiden määrän valinta
- havainnot ajan funktiona
- vertailuvesistöjen havaintojen käyttöedellytykset
- muunneltavien havaintojen (esim. meteorologiset) käyttöedellytykset
- käyttöveden laatuun vaikuttavat parametrit, niiden valinta ja määrittely
- parametrien välisten korrelaatioiden hyödyntäminen
- havaintomenetelmien ja -laitteiden kehitys
- havaintojen käsittely- ja muokkausmetodiikka vesihuollon suunnittelua ja käyttöä varten
- veden laadun ja määrän kehitysennusteet
- laatumuutosten vaikutusta koskevat ennusteet

Projektin tehtäväksi on suunniteltu niiden toimenpiteiden ja tutkimusten esittäminen, joilla vesihuollon nykytilannetta voitaisiin parantaa. Erityisesti on haluttu selvittää, missä määrin mallivesistötutkimusta voitaisiin käyttää hyväksi. Työssä on haluttu ottaa huomioon erilaisissa oloissa toimivien vesilaitosten käyttökokemukset ja jäteveden puhdistuksen kehitys.

Tarkasteltava kenttä on tavattoman laaja, mikä aiheuttaa vaikeuksia sekä tehtävän rajauksessa että raportin asiasisällön saattamisessa riittävän konkreettiseksi. Tämä raportti onkin nähtävä ai-noastaan ongelmien kartoitusyrityksenä.

Ongelmat ovat selvästi osittain vesistökohtaisia, osittain vesistötötyyppikohtaisia. Selvimmin tämä käy ilmi ennusteita laadittaessa. Vesilaitosten jakautuminen vedenottopaikan mukaan ja viemärlaitosten jakautuminen purkupaikan mukaan käy selville liitteistä 3 ja 4.

YHTEENVETO

Työryhmän raportissa on käsitelty nykyistä vesitutkimusta ja pyritty priorisoimaan veden laatuparametreja vesihuollon kannalta. Tämän perusteella onkin voitu kirjata eräitä nykyisen seuranta-aineiston puutteita ja kaavailla ehdotuksia seurannan ja tutkimuksen kehittämiseksi.

Olemassa olevan aineiston keskeisinä puutteina on mainittu mm. seuraavat seikat:

Vedenhankinta

- Tarkkailutuloksia ei ole riittävästi seuraavien tekijöiden osalta: sulfaatti, ammoniakki, nitraatti, nitriitti, metallit, fluori, tensidit, fenolit ja öljyt. Myöskään torjunta-aineiden ja vesistön tilan kuvaukseen liittyvän eliöstän seurantaa ei ole suoritettu riittävästi.
- Ei ole olemassa analyysimenetelmää ihmisen toiminnan (esim. urbanisoituminen) veden laatuun kohdistuvan vaikutuksen erottamiseksi valunnan aiheuttamasta kuormituksesta.
- Ei tunneta vedessä olevien orgaanisten aineiden (esim. levätoksiinien) fysiologisia vaikutuksia.
- Vedenhankinta vaatii tiheätä näytteenottoa. Optimitilanne olisi, mikäli vedenhankintavesistöjen laatua voitaisiin valvoa jatkuvasti rekisteröivillä mittalaitteilla.

Jätevesien johtaminen

- Tutkimukset eivät ole riittävän systemaattisia ja säännöllisiä.
- Tutkimustuloksia ei dokumentoida riittävin taustatiedoin varustettuna eikä käsitellä yhteenvetoasteelle.
- Näytteenotosta tulostaulukkaan kuluva aika on usein kohtuuttoman pitkä.

- Sisällöllisistä puutteista on kenties tärkein se, että vesistöjen tilan seurannassa ei ole kiinnitetty paljoakaan huomiota vedenhankinnan suunnittelua palveleviin tutkimuksiin, vaan suunnittelussa on usein käytössä ainoastaan nykyiset valtakunnalliset seurantahavainnot.
- Jätevesien vaikutusten seurantaan tähtäävät tutkimukset jäävät usein kuvailevalle asteelle. Tuloksia ei käsitellä siten, että saataisiin perusteet käsittelytavoitteen määrittelylle vesistökohtaisesti.

Seurannan ja tutkimuksen kehittämiseksi on työryhmän raportissa tuotu esiin seuraavia asioita:

Vedenhankinta

- Vesistöjen jatkuvan seurannan piiriin otetaan ne vesistöt, joi- ta käytetään yhdyskuntien vedenottoon tai jotka on syytä varata tähän tarkoitukseen.
- Kootaan havainnot systemaattisesti siten, että satunnaiset ja jaksolliset veden laadun vaihtelut voidaan ennakoida. Suunnit- telumenetelmien yleistämiseen ei vesistön edustavuus vaikuta, joten samalla voidaan kehittää yhtenäisiä suunnittelumenetelmiä.
- Pyritään automaattisiin mittauslaitteisiin ainakin yhdessä re- ferenssipisteessä kutakin tärkeäksi arvioitua vesistöä kohti. Mainittakoon, että YVY-projektin tutkimuksessa n:o 7412 tutki- taan jäte- ja jäähdytysvesien leviämistä kuvaavien numeeristen mallien käyttökelpoisuutta. Tutkimus palvelee referenssipisteen valintaa.
- Automaattilaitteistoa pyritään kehittämään nykyisin havaitta- vien parametrien lisäksi mm. orgaanisen hiilen määrän ja eri- tyisesti kemiallisen hapenkulutuksen havainnointiin.

Jätevesien johtaminen

- Määritetään purkuvesistöjen sieto kokeellisen kasvutekijätutkimuksen ja vertailuvesistöjen avulla. Siedon määrittäminen eri vesistöille on keskeinen ongelma jätevesien johtamisessa. Jatkossa olisi selvitettävä millaisella tutkimuksella vesistöjen sietoa tulisi selvittää, mikä on mallivesistötutkimuksen rooli tai vaihteleeeko maamme vesistöjen luonne siinä määrin, että ainostaan vesistökohtaisella tutkimuksella saavutetaan tuloksia.
- Arvioidaan veden laadun ja eliöstön muutoksista johtuvat taloudelliset ja sosiaaliset seuraukset sekä suunnitellaan purku- paikka ja käsittelymenetelmä siten, että hyötykustannus-suhde on mahdollisimman suuri.
- Dokumentoidaan sekä havaintotulokset että eri parametrien välillä todetut kvantitatiiviset yhteydet siten, että ne ovat suunnittelijoiden saatavissa. Vesihallinnossa työskentelee kaksi työryhmää, joista toinen selvittää vesivarojen informaatiojärjestelmän kehittämistä ja toinen seuranta-aineiston hyväksikäytön kehittämistä.

Eräät esitetyt seuranta-aineiston puutteet ja kehittämissuhteet ovat sisällöltään samoja, jotka on esitetty YVY:n esitutkimuksessa E-5. Näitä ovat mm. seuranta-aineiston systemaattisuutta, dokumentointia ja tulosten saamisen nopeutta koskevat maininnat.

Yleisenä havaintona voidaan todeta, että nimenomaan vesihuollon tarvitseman vesistötutkimuksen rajaaminen on erittäin vaikea, ellei mahdoton tehtävä. Vesien käytössä on vesihuolto yksi käyttömuoto muiden joukossa, jonka arvomuodostus riippuu kulloinkin myös muista käyttömuodoista. Näin ollen vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus on nähtävä laajemmin kuin vain yhdyskunnan vesihuoltolaitoksen kannalta.

Suomen vesistöjen moninaisuus johtaa siihen, että yleisesti sovellettavien vesistön tilaa ja sen muutoksia kuvaavien mallien kehit-

täminen ja käyttö on vaikeata. Esim. jätevesien vaikutusten arviointi edellyttää useimmiten purkuvesistössä suoritettavaa tutkimusta (hankekohtaista tutkimusta). Koska resurssit perusteellisten tutkimusten suorittamiseen ovat rajalliset, voidaan virhemahdollisuuksia pienentää valitsemalla tutkimusvesistöiksi vesistöjä, jotka ovat luonteeltaan (ominaisuudet, käyttö) tyypillisiä.

SUMMARY

The report of the ad hoc group deals with present water investigation and constitutes an attempt at assigning priorities to the water quality parameters from the viewpoint of water supply. On this basis certain shortcomings could in fact be recorded in the present observation material, and suggestions could be outlined for the development of observation and investigation.

It may be noted as a general observation that particularly the demarcation of the study of waters needed for the water supply is an exceedingly difficult task, if not impossible indeed. As regards the use of waters, water supply is one form of use among others, and its value formation also depends on the other forms of use in every instance. It follows that a view which is broader than that of the water supply system of a community should be taken of the study of waters implied by the water supply.

As a result of the great variety of the Finnish waters it is difficult to evolve and to apply generally applicable models describing the state of a water body and its changes. For instance, assessment of the effects of waste waters in most cases implies a study carried out in the discharge water body (a project-individual study). Since the resources existing for thorough studies are limited, the chances of error may be reduced by selecting as waters to be studied such waters which are typical as regards their character (properties, use).

The following points are mentioned in the report of the ad hoc group in view of the development of observation and research.

Water procurement

- Those waters are included in the continuous observation which are used in the water procurement of communities, or which should reasonably be reserved to this purpose.

- To collect the observations systematically so that it is possible to predict the random and periodic variations of water quality. The representativeness of the water body has no influence on the generalisation of the planning methods; it is therefore possible at the same time to develop unified planning procedures.
- Automatic measuring equipment is set as aim, at least at one reference point for each water body that has been assessed as important. It may be mentioned that in Study No. 7412 of the YVY project the usability of numerical models describing the spreading of waste and cooling waters is studied. This study serves the selection of the reference point.
- Endeavours are made to develop automatic equipment for the observation - in addition to parameters observed at present - of e.g. organic carbon, and especially for the observation of the chemical oxygen consumption.

Conduction of waste waters

- The tolerance of the discharge waters is determined by the aid of an experimental growth factor study and of reference waters. The determination of tolerance in the case of different waters is a central problem in the conduction of waste waters. In the continuation a clarification should be made as to what is the role of the model waters study, or whether in our country the character of the waters is variable in such degree that results are only achieved by water body-individual study.
- The economical and sociological consequences of changes in water quality and in the organisms populating the water are estimated and the point of discharge and the treatment method are so planned that the profit/cost ratio is maximized.
- The results of observation as well as the quantitative rela-

tionships found between different parameters are so documented that they are at the planners' disposal. In the Water Administration two ad hoc groups are at work, one of them investigating the development of the water resources information system and the other, the development of utilization of the observation material.

1. TEHTÄVÄN RAJAUS

Tehtävän laajuuden takia työryhmän ensimmäinen tehtävä oli aiheen rajaaminen. Vesihuollolla on ymmärretty yhdyskuntien (asutuksen) vedenhankintaa ja jätevesien johtamista vesistöön. Vesistö tutkimus voidaan jakaa veden määrää ja veden laatua käsittelevään tutkimukseen. Tavoitteenasettelultaan määrää koskeva tutkimus on laadun tutkimista selkeämpi ainakin vesihuollon kannalta.

Työryhmä rajasikin tehtävänsä koskemaan vesistössä tapahtuvaa veden laadun tutkimusta ja pyrki selvittämään tärkeimpiä havaittavia laatuparametreja, olemassaolevan aineiston puitteita yhdyskuntien vedenhankinnan ja jätevesien johtamisen kannalta sekä tuomaan esille keskeisiä seurannan ja tutkimuksen kehittämismahdollisuuksia. Tehtävänantonsa mukaisesti työryhmä tarkasteli myös mallivesistöille asetettavia vaatimuksia Suomen oloissa.

Tehtävän rajaaminen koskemaan veden laadun tutkimusta ei merkitse sitä, että työryhmä näkisi laadun määrää keskeisempänä tekijänä. Esimerkiksi ainetaselaskelmissa tarvitaan sekä määrä- että laatu-tietoja.

Vesistö tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty maaperässä olevan veden ja sen käytön tarkastelu. Maaperässä olevalla vedellä on kuitenkin merkitystä veden kiertokulussa ja pohjavetenä yhdyskuntien vedenhankinnassa, joten se kuuluu osana yhdyskuntien vesihuollon tarvitsemaan tutkimukseen.

Ongelmien ratkaisuun tähtääviä tutkimuksia varten on lopuksi laadittu yhteenveto Suomen oloissa mallivesistölle asetettavista vaatimuksista. Painopiste on ollut veden laatuominaisuuksissa. Veden määrään liittyvät kysymykset ovat olleet esillä pääasiassa vain vesien laatua ja tilaa koskevien selvitysten yhteydessä.

Aihetta on käsitelty sekä vedenhankinnan että jätevesien johtamisen kannalta. Järviä, jokia ja merialueita koskevat toisistaan poikkeavat tutkimustavoitteet on ollut pakko ottaa huomioon, vaikka muuten on yritetty pysytellä yleisellä tasolla.

2. VEDENHANKINNAN JA JÄTEVESIEN JOHTAMISEN EDELLYTTÄMÄN VESISTÖTUTKIMUKSEN YLEISIÄ NÄKÖKOHTIA

2.1. Vedenhankinta

Tutkimustarvetta voidaan tarkastella sekä suunnittelun että käytön kannalta.

2.1.1 Suunnittelu

Suunnitteluaiheen keskeisin ongelma on veden määrä. Vuonna 1972 yhdyskuntien vesilaitosten vedenkulutuksesta 67 % (234 milj. m³/v) oli pintavettä ja loput 33 % (113 milj. m³/v) pohjavettä. Taivoitteena pidetään pohjaveden (ja tekopohjaveden) käyttöä siellä, missä se on taloudellisesti kilpailukykyinen vaihtoehto pintavedelle. Useiden suurimpien vesilaitostemme kohdalla ei mahdollisuuksia pohjaveden käyttöön siirtymiselle kuitenkaan ole, vaan lisääntyvä kulutus joudutaan tyydyttämään uusilla pintaveden käyttöönottoratkaisuilla. Raakaveden määrään liittyviä tutkimusalueita ovat mm.:

- Hydrologinen tutkimus (vesitase).
- Tekopohjaveden käyttöä varten tarvittava pohjaveden muodostumiseen liittyvä tutkimus.
- Vesistöjen säännöstely kokonaiskäytön kannalta optimaalisella tavalla. Tämä edellyttää eri käyttömuotojen arvon ja vesistön tilan välisten riippuvuuksien selvittämistä.

Määrän ohella on suunnitteluvaiheen toinen tärkeä ongelma veden laatu. Tärkein vaatimus on raakaveden hygieenisuus. Pohjavettä käytettäessä tavallisin ongelma on rauta- ja mangaanipitoisuus, kun taas pintaveden kohdalla hygieenisten haittojen lisäksi esiintyy tavallisimmin orgaanisia aineita (KMnO₄-kulutus), joiden poistaminen vaatii kemiallisen käsittelyn. Vedenhankinnan suunnittelussa tarvitaan veden laatutietojen lisäksi ennustetta laadun kehityksestä tulevaisuudessa, joka edellyttää kuormitustekijöiden ja veden laadun välisten riippuvuuksien selvittämistä. Vesistön tilaan vedenhankinnan kannalta liittyviä tutkimusalueita ovat mm.:

- Vedenhankinnan kannalta olennaisimmat vesien laatua kuvaavat parametrit. Mikä on optimaalinen havaintomäärä näiden selvittämiseksi.
- Vesistöä (tai pohjavesiä) kuormittavien toimintojen vaikutus vesistön laatuun ja erityisesti em. olennaisimpiin parametreihin.
- Vesiensuojelun kustannusten suhde raakaveden käsittelykustannuksiin.

2.1.2 Käyttö

Vesilaitosta käytettäessä ei raakaveden riittävyys yleensä ole ongelma, jos laitos on kunnolla suunniteltu. Vesistön hydrologiset riippuvuudet on tunnettava, jos raakavesi otetaan suoraan tai tekopohjaveden muodostamista varten sellaisesta pienestä vesistöstä, jossa riittävän vesimäärän saanti turvataan säännöstelyllä.

Ottovesistön veden laadun seuranta on jatkuva tehtävä vesilaitoksen käytössä. Koska maamme suurimmat vesilaitokset ottavat vetensä enimmäkseen järvistä ja jokivesistä, joilla on muutakin käyttöä, on seurannan oltava tehokasta, jotta mahdolliset häiriöt ehkäistäisiin. On ilmeistä, että tulevaisuudessa tulee olemaan tarvetta mm. automaattisen seurannan järjestämiseen ainakin suurimpien laitosten osalta. Tämä puolestaan edellyttää nykytilanteeseen verrattuna huomattavasti parempaa toisaalta vesistön ja toisaalta tarvittavan laitteiston hallintaa. Erillisiä tutkimusalueita ovat mm.:

- Vedenhankinnan kannalta olennaisimmat veden laatua kuvaavat parametrit (vrt.1.1.).
- Kuinka tiheällä havaintoverkolla ja kuinka usein näitä tulee havaita? Ongelma on laaja ja liittyy vesistöön kohdistuvaan kuormitukseen ja sen vesistössä aiheuttamiin vaikutuksiin yleensä.
- Parametrien kehittäminen automaattiseen havainnointiin soveltuviksi ja toisaalta automaattisten havaintomenetelmien kehittäminen.

2.2. Jätevesien johtaminen

2.2.1 Suunnittelu

Kun jätevesien johtamista vesistöön suunnitellaan, on ratkaistava kaksi ongelmaa:

- 1) millainen jätevesikuormitus vesistöön voidaan laskea (käsittelyaste) ja
- 2) mihin purkupaikka sijoitetaan

Ratkaisun löytäminen edellyttää ensiksikin jäteveden ja vesistön laadun muutosten välisten vuorovaikutusten tuntemista; näin tiedetään, mitä toimenpiteestä seuraa. Toiseksi olisi tiedettävä, miten vesistön laatu vaikuttaa sen käyttöarvoon: mitä yhteiskunta joutuu "maksamaan" jätevesien johtamisesta. Kun ns. ensimmäisen vaiheen vesiensuojelutoimenpiteet on saatu loppuunsaatuiksi, on varmaa, että niiden tehostamista tullaan punnitsemaan saatavan hyödyn kanssa, jolloin tarvitaan tietoa jätevesien vaikutuksista vesistöön ja edelleen vesien käyttöön.

Ongelmakenttä voidaan karkeasti ryhmitellä seuraaviin osa-alueisiin:

- Erityyppisten purkuvesistöjen hydrologia ja hydraulikka (virtaamat, viipymät, virtausolosuhteet, jätevesien sekoittuminen).
- Jätevesien vesistöissä aiheuttamat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset vaikutukset
 - tiettyjen jätevesikomponenttien vaikutus tiettyihin vesistön komponentteihin
 - sopivimpien komponenttien valinta
 - vesistön laadun muuttumista kuvaavien mallien kehittäminen
 - veden laadun vaikutukset vesien eri käyttömuotojen arvomuodostukseen. Mitkä komponentit kuvaavat parhaiten mitäänkin käyttömuotoa?

2.2.2 Käyttö

Viemärlaitoksen käyttöön liittyy kiinteästi vesistöihin kohdistuvan kuormituksen vaikutusten seuranta. Velvoite seurantaan määritellään nykyisin usein jo jätevesien johtamiseen oikeuttavan luvan ehdoissa (velvoitetarkkailu). Jotta tulevaisuudessa päästäisiin siihen, että jätevesien käsittelyvaatimukset voitaisiin määrätä vesistön mukaan, on erityyppiset vesistöt kattavan seurantamateriaalin saaminen välttämätöntä. Tällä hetkellä on viemärlaitostemme tavallisin jätevesien purkupaikka joki ja toiseksi tavallisin järvi. Merialueelle kohdistuvien kuormituspiisteiden lukumäärä on edellisiin verrattuna pieni, mutta rannikoltaajamien jätevesimäärät ovat yleensä suuria. Suurimmat haitat muulle vesien käytölle syntyvät silloin, kun jätevedet joudutaan johtamaan järviin. Nykyisillä menetelmillä ovat jätevesien vaikutukset nimenomaan järviin vaikeimmin arvioitavissa. Merialueella tilanne voidaan hallita helpommin johtamalla käsiteltyt jätevedet sekoittumisoloiltaan edullisille alueille.

Ongelmat, jotka liittyvät jätevesien vaikutusten arviointia varten tarvittavien seurantatietojen keruuseen, voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- Tutkimuksen tulisi tuottaa mahdollisimman hyvin yleistettävissä olevaa tietoa siitä, mitä kuormitus vesistöissä aiheuttaa (ennustemallien muodostaminen).
- Mikä erityyppisissä vesistöissä suoritettavien havaintojen ajallisen ja paikallisen tiheyden olisi oltava kyllin kattavan aineiston saamiseksi?
- Mitkä ovat olennaisimmat havaittavat parametrit? Tulisi kehittää sellaisia parametreja, joiden automaattinen havainnointi olisi mahdollista ja merkitys vesistön tilan kuvaajana suuri. Automaatiikan kehittämisellä on merkitystä myös vesien käytön valvonnan kannalta.
- Jätevesikuormituksen seurannan ohella on tunnettava myös muut kuormituslähteet (hajakuormitus, sateen tuoma kuormitus jne.) vesistön hydrologiaa, maantieteellisiä tekijöitä jne. pyrit-

täessä löytämään kuormituksen ja veden laadun riippuvuuksia kuvaavia malleja. Mallien kehittäminen edellyttäne tyypivesistöissä suoritettavaa erittäin kattavaa havaintotoimintaa (mallitutkimusta).

- Tutkimuksen tarpeiden ohella olisi selvitettävä, mitkä olisivat ne parametrit, joita rutiininomaisella velvoitetarkkailulla tulisi seurata.

3. PARAMETRIEN RYHMITTELY

Vesihuollon edellyttämään vesistötutkimukseen liittyy veden määrän ja laadun sekä vesistön tilan kuvauksen lisäksi runsaasti muuta numeerista tietoa. Tutkimustulokset ovat sitä käyttökelpoisempia, mitä joustavammin ne voidaan liittää vesistöalueen fysikaalisia, teknis-taloudellisia ja sosiaalisia tapahtumia kuvaaviin tietoaineistoihin ja tilastoihin. Tietty minimimäärä taustatietoja tarvitaan joka tapauksessa tutkimusselostukseen vesistöä koskevien parametrien yksikäsitteisyyden varmistamiseksi.

Parametrien hahmottaminen on paljolti ns. tietokantojen käsitteelyyn liittyvä ongelma. Tietokannalla tarkoitetaan tässä jonkin asian käsittelyyn tarvittavien, sisällöltään erilaisten tiedostojen muodostamaa kokonaisuutta. Näitä seikkoja on tutkittu perusteellisesti YVY-alaprojektiin 1.1.5 liittyvässä esitutkimuksessa E-5 (vesivaroihin kohdistuvan kuormituksen vaikutusten seuranta ja arviointi). Tässä yhteydessä on rajoitettu välittömästi vesistötutkimusta koskeviin parametreihin, jotka voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- veden fysikaaliset, kemialliset ja biologiset laatuominaisuudet
- veden määrää koskevat parametrit ja vesistön hydrografiset ominaisuudet
- eliöstöä, biologista tuotantoa sekä aineiden ja energian kiertokulkua kuvaavat parametrit
- vesistön käyttöä ja kuormitusta kuvaavat parametrit
- tiedot muista tekijöistä, jotka vaikuttavat vesistöön (esim. ilmasto ja maaperän laatu) tai riippuvat siitä
- kaikkien edellä mainittujen väliset kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset yhteydet
- tiedot, joiden perusteella informaatio voidaan tunnistaa ajan, paikan ja sisällön suhteen (esim. havaintopaikan sijainti, ajankohta, tutkimusmenetelmä)

Vesistötutkimuksen parametrien ryhmittelemiseksi edelleen on tarjolla useita mahdollisuuksia. Edellä luetelluista ryhmistä kolme ensin mainittua muodostaa tietynlaisen luonnontieteellisen perusosan, johon liittyvistä parametreista vesistötutkimuksen havaintoaineisto pääasiassa koostuu. Seuraavassa tarkastelussa on niistäkin käsitelty ainoastaan sellaisia parametreja, jotka on katsottu hyödyllisiksi yhdyskuntien vesihuoltoa palvelevassa vesistötutkimuksessa.

Kaupunkiliiton asettama toimikunta on ryhmitellyt raakaveden laatuksiteerit seuraavasti (Kaupunkiliiton toimiston julkaisu B33):

1. Lähinnä juomaveden laatuun vaikuttavat kemialliset aineet
2. Lika-aineet
3. Vesistön tilaa ja kuormitusta ilmentävät aineet ja ominaisuudet
4. Pieneliöt
5. Radioaktiivisuus

Näihin ryhmiin kuuluville parametreille on edelleen esitetty suurinta sallittua pitoisuutta koskeva suositus (liite 1). Veden laatuominaisuudet voidaan ryhmitellä myös sillä perusteella, minä tyypistä kuormitusta ne ilmentävät, esimerkiksi seuraavasti:

- orgaaninen aines
- ravinteet
- metallit
- myrkylliset aineet
- mineraaliöljyt
- elektrolyyttien ja kiinteiden aineiden kokonaismäärät
- suolistobakteerit
- muut

Ryhmään "muut" voidaan sijoittaa esim. happipitoisuus, sulfaatit ja muut ravinteisiin lukeutumattomat anionit, happamuus sekä muita veden käsittelyn kannalta keskeisiä parametreja. Ryhmittelyjen vaikeutena yleensäkin on, että monet parametreista kuuluisivat oikeastaan useampaan ryhmään.

Veden määrää koskevat parametrit liittyvät veden kiertokulkuun ja sen komponenttien arvioimiseen. Tällöin mm. sadannalla ja haihdunnalla on oma osuutensa eri valuntamuotojen muodostumiseen ja jakautumiseen. Näiden komponenttien suuruuteen vaikuttavat monet aluetekijät. Maaperä ja siinä olevan veden liikkeisiin vaikuttavat ominaisuudet määrittelevät mm. pohjavesien muodostumisedellytykset ja laadun. Käytettävissä olevista pohjavesivoimavaroista riippuu mm. pintavesiin kohdistuva vedenhankintatarve. Vuodenaikojen vaihtelut vaikuttavat oloissamme ratkaisevasti valuntamuotojen jakautumiseen ja suuruuteen. Erityisesti pintavalunnan suuruudessa heijastuvat sääolojen lyhytaikaisetkin vaihtelut; pohjavesivalunta on riippuvainen pitkäaikaisemmista vaihteluista. Lisäksi vesistösuhteilla on luonnollisesti vaikutuksensa kulloinkin vesistöstä saatavan veden määrään. Vesistön muoto, pinta-ala ja järvisyys vaikuttavat virtaamavaihteluihin. Vesihuollon kannalta tunnusomaisia parametreja ovat mm. alivirtaamakaudet, niiden sattumisajankohdat, pituudet ja vastaavat keskivirtaamat. Lisäksi mm. veden virtauksilla, vedenkorkeuksilla ja kerrostuneisuudella on merkitystä vesihuollossa.

Vesistön eliöstöä, biologista tuotantoa ja aineiden kiertoa koskevista havainnoista ovat nykyisin tehtävissä tutkimuksissa keskeisiä seuraavat:

- bakteeritiheys
- kasviplanktonin perustuotanto
- kasvi- ja eläinplanktonin koostumus
- ranta- ja pohjaeläimistö
- makrofytyttiset levät ja putkilokasvit
- kalasto
- pohjasedimentin ominaisuudet

4. NYKYTILANNE

4.1 Yhdyskuntien vedenhankintaan liittyvät vesistötutkimukset

Vedenhankintaan liittyvä vesistötutkimusten tarve johtuu toisaalta verkostoon johdettavan veden laatuvaatimuksista, toisaalta veden riittävydestä, raakaveden ja verkostoon johdettavan veden laatuvaatimuksista, sekä tarvittavista veden johtamis- ja puhdistustoimista. Talousveden laatu nähdään terveydellisenä kysymyksenä, jota koskevat normit ja suositukset on osittain vahvistettu laki- ja asetusteitse. Johtamis- ja puhdistustoimien valintaan liittyy selviä terveydellisiä, taloudellisia ja teknisiä rajoituksia. Tavoiteltavia seikkoja ovat puhdistetun veden korkea laatu, huokeat puhdistus- ja johtamiskustannukset sekä oikean vedenottovesistön valinta. Vesistön tutkimiseen ilmenee tarvetta vedenottamon suunnitteluvaiheessa sekä seurattaessa ja ennakoitaessa laitoksen raakaveden määrää ja laatua. Juridinen seurantavelvoite ei varsinaisesti ulotu vedenottovesistöön, ellei kysymys ole vedenhankintasäännöstelystä.

Suppea tavanomainen käsittelytekniinen tutkimus käsittää seuraavat laatuparametrit:

- pH
- KMnO_4 -kulutus
- rauta
- ammonium
- kovuus
- kolimuotoiset bakteerit

Lääkintöhallituksen suosittamaan fysikaalis-kemialliseen ja bakteriologiseen tutkimukseen kuuluvat lisäksi aistinvaraiset määritykset (esim. haju, maku ja ulkonäkö), sähkönjohtokyky, väri, mangaani, nitraatti, kloridi, fluoridi ja haihdutusjäännös. Usein määritetään myös sinkki, kadmium ja nitriitti sekä hapen kulutus ja hiilidioksidi. Täydellisemmässä tutkimuksessa erotetaan kalsium- ja magnesiumkovuus ja mitataan veden happipitoisuus sekä biologinen hapenkulutus. Tarvittaessa seurataan purkuvesistön

planktonkuvaa ja määritetään suolistobakteereista sekä fekaaliset streptokokit että kolimuotoiset bakteerit 35 °C:n ja 45 °C:n lämpötiloissa. Raakaveden laatua koskeviin suosituksiin sisältyy lukuisia muitakin veden ominaisuuksia. Niistä on yhteenveto mm. YVY-projektin esitutkimuksessa E-5.

Ne vesistötutkimukset, joita tehdään suunniteltaessa vedenhankintaa pintavesistä, ovat usein erilaisia tavoitteesta ja laitoksen suunnittelijan arvioinneista riippuen. Talousveden laatuvaatimukset ovat toiset kuin esimerkiksi jäähdytysveden. Kaikkia kysymyseen tulevia parametreja ei aina ole tarpeen selvittää. Viime vuosien kehitykselle näyttää olevan tunnusomaista, että hivenaineina esiintyvien raskaiden metallien ja orgaanisten jäämien merkitys on tulossa esiin. Raskaiden metallien yhteisvaikutuksista ja niiden välisten suhteiden vaikutuksesta ihmisen fysiologiaan ja terveyteen ei myöskään olla riittävästi perillä. Pieninä pitoisuuksina esiintyvien orgaanisten jäämien ja radioaktiivisten aineiden määrittäminen on hankalaa eivätkä asiantuntijatkaan ole yksimielisiä tulosten tulkinnassa. Varsinkin pieniltä laitoksilta puuttuvat resurssit perusteelliseen seurantatutkimukseen.

4.2 Asumajätevesien johtamiseen liittyvät vesistötutkimukset

Haettaessa lupaa vesistön pilaamista tarkoittavasta kiellosta poikkeamiseen joudutaan hakemusasiakirjoihin liittämään mm. selvitys purkuvesistön tilasta sekä arvio jätevesien vaikutuksesta (vesiasetuksen § 71). Tämä edellyttää useimmiten ns. perustutkimuksen suorittamista purkuvesistössä. Luvan myöntämisen yhteydessä vesioikeus tavallisesti velvoittaa hakijan suorittamaan purkuvesistön tarkkailua valvontaviranomaisen tarkastaman suunnitelman mukaisesti ja eräissä tapauksissa lupapäätöksessä yksilöidyllä tavalla. Sellaisissakin tapauksissa, joissa lupaa ei tarvitse vesioikeudelta hakea, ovat jätevesien vaikutusta koskevat tutkimukset usein tarpeen. Tarkoituksena on kartoittaa jäteveden leviäminen ja selvittää riittävän ajoissa sen vaikutuksesta tapahtuvat vesistön tilan muutokset.

Vesistön tarkkailututkimuksen periaatteet on koottu vesihallituksessa valmisteilla oleviin periaatteisiin. Tärkeimmät fysikaalis-kemialliset laatuparametrit ovat seuraavat:

- | | |
|--------------------|--|
| - näkösyvyys | - KMnO_4 -kulutus |
| - haju | - kiintoaine (jos sitä on merkittävästi velvollisen jätevesissä) |
| - lämpötila | - kok.fosfori |
| - happi | - kok.typpi |
| - pH | - BHK ₇ (jokivesistöissä tarpeen mukaan) |
| - väri | |
| - sähkön johtavuus | |

Virtaavissa vesistöissä edellytetään lisäksi tietoa näytteenottohetken virtaamasta. Tarkkailuvelvoite käsittää usein myös jätevettä ja jätevedenpuhdistamoa koskevia tutkimuksia. Vesistön tarkkailuun liitetään tarpeen mukaan jäteveden vaikutusta indikoivia parametreja, esim. raskasmetalli, syanidit, öljyt, lignosulfonaatti, sameus jne.

Vesistön velvoitetarkkailuun liittyy suolistobakteeritiheyden määrittäminen yleensä aina, kun kysymys on asumajätevesistä. Fekaalisten streptokokkien tiheys on nykyään yleisin asumajätevesien vaikutusta osoittava biologinen parametri. Suuria jätevesimääriä johdettaessa edellytetään lisäksi muutaman vuoden välein tehtävään perusteelliseen vesistön tilan selvitykseen sisällytettäviä tarkoituksenmukaisia eliöyhteisöjen ja pohjakerrostumien tutkimuksia.

Jätevesien rehevöittävän tai myrkyllisen vaikutuksen mittaamiseksi voidaan edellyttää biologisia testauksia. Tarkkailuohjelmiin sisältyy usein vesistön kasviplanktonin perustuotantokyky, jolla seurataan rehevyytensä. Jätevesien johtamiseen liittyy usein myös kalataloudellinen tutkimusvelvoite, joka perustuu vesiasetuksen 53 ja 55 §:iin. Vesistö tutkimuksen yhteyteen on käytännössä rajattu ne vaikutukset, jotka kohdistuvat välittömästi kalastoon. Biologisten tutkimusten alueella on rantakasvillisuuden kartoitus viime vuosina osoittautunut jossakin katselmustoimituksissa tehokkaaksi jätevesien vaikutusasteen arviointikeinoksi.

Yleensä se ei sisälly velvoitetutkimuksiin. Mitattava parametri on tietyn lajin esiintymistiheys tai runsaus kohdealueella.

Velvoitetutkimusten näytteenottopaikat ja havaintotiheys määräytyvät tapauksittain. Näytteenottopaikkojen lukumäärä ja sijainti riippuvat vaikutusalueesta, havaintokertoja on tavallisimmin 2...12 vuodessa. Valvontaviranomaisena toimii vesihallitus.

4.3 Koko maata koskevat seurantatutkimukset

Vesihallinnon toimesta on seurattu virtaavien vesien laatua vuodesta 1961 lähtien. Havaintopaikkaverkkoon kuului 1974 yli 160 kohdetta. Ne on sijoitettu niin, että merkittäviksi katsottavista vesistöistä tai niiden osista saadaan jatkuvasti tietoja. Näytteet on otettu neljästi vuodessa, nykyisin ne kootaan useilla rannikon havaintopaikoilla kuukausittain.

Vesihallinnon suorittama järvisyvänteiden seuranta on jatkunut vuodesta 1965 lähtien. Havaintopaikkaverkkoon kuului 1974 lähes 160 kohdetta. Seurannan tarkoituksena on jatkuva tietojen saaminen järvioltaiden veden laadusta ja siinä mahdollisesti tapahtuvista muutoksista. Näytteet otetaan kahdesti vuodessa.

Edellä mainitut kaksi seurantatutkimusta ovat vesihallinnon laajimmat. Kuitenkin ne muodostavat vain osan viranomaisen harjoittamasta seurantatutkimuksesta. Sekä vesihallitus että vesipiirien vesitoimistot seuraavat vesistöjen veden laatua useammilla havaintopaikoilla. Vuonna 1972 oli näytteenottopaikkoja noin 8 000, näytteitä noin 30 000 ja analyysyjä noin 300 000 (Vesihallinnon toiminta 1972, Vesihallituksen julkaisuja 4). Karkeasti arvioiden näin syntyvä tietomäärä on saman suuruinen kuin velvoitetarkkailujen yhteydessä muodostuva.

Rannikkoalueiden tilan seuranta ovat vesihallitus ja merentutkimuslaitos harjoittaneet yhdessä. Avomerellä parametrien valinta, havaintopaikat ja havaintotiheys riippuvat osittain kansainvälisistä yhteistyösopimuksista.

Virtapaikkojen seurantaan liittyvät laatuparametrit olivat vuonna 1974 seuraavat:

- lämpötila	- Fe
- happi	- Mn
- sähkönjohtokyky	- kok.S
- hapon kulutus	- Ca
- pH	- Mg
- väri	- K
- sameus	- Na
- KMnO_4 -kulutus	- SiO_2
- kiintoaine	- Org.C
- enterokokit	- Cl
- BHK_7	- F
- kok.N	- Br
- kok.P	- J

Järvisyvänteiden seurantatutkimuksessa määritettiin samana vuonna lisäksi hiilidioksidi ja ligniini, mutta ei enterokokkeja, biologista hapenkulutusta eikä muita halogenideja kuin kloridit. Seurantatutkimusten tuloksista on julkaistu lukuisia yhteenvetoja sekä alkuperäinen aineisto 1960-luvun loppupuolelle asti.

Vesihallinnon seurantatutkimusten tulokset muodostavat useimmissa laajoissa vedenotto- ja jätevesien johtamishankkeissa sikäli keskeisen tutkimusaineiston, että niiden perusteella on tehtävä päätelmät veden laadun ajallisista muutoksista. Kysymys on sekä kehityksen suunnasta että kausivaihteluista. Suunnitteluaikataulujen kireyden vuoksi on harvoin mahdollista hankkia vastaavia tietoja varta vasten toteutettavilla tutkimuksilla. Lisäksi viranomaisten suorittamat seurantatutkimukset tarjoavat ajallisia ja alueellisia vertailumahdollisuuksia.

Viime vuosina on sekä vesihallinnon seurantatutkimusten että velvoitetarkkailujen tulokset pyritty kokoamaan vesihallituksen ylläpitämään vedenlaaturekisteriin. Vesipiirien vesitoimistojen valmiutta biologisiin mittauksiin, mm. perustuotantokyvyn määrittämiseen, on myös kehitetty.

5. PARAMETRIEN TÄRKEYS YHDYSKUNTIEN VESIHUOLLON KANNALTA

5.1 Perusteita

Mitattavat parametrit määräytyvät luonnollisesti niiden kysymysten perusteella, joihin vesistötutkimuksen toivotaan vastaavan. Tässä mielessä on nähtävissä kolme keskeistä tavoitetta:

- hyvän raakaveden riittävä saanti
- jätevesien puhdistustarpeen arviointi purkuvesistön sietoa vastaavaksi
- vesistön seuranta vedenhankintaan vaikuttavien tai jätevesien aiheuttamien muutosten toteamiseksi

Tutkimustarve on hieman erilainen jätevesien johtamista ja vedenhankintaa palvelevissa selvityksissä sekä toisaalta laitosten suunnitteluvaiheessa ja käytön aikana tehtävissä selvityksissä. Lisäksi on joukko tapauskohtaisia parametreja, joita tulee pitää silmällä tietyllä alueella tai tietyn tyyppisissä tilanteissa.

Yhdyskuntien vesihuoltoa palvelevien tutkimusten tarpeen aiheuttavat terveydelliset, teknis-taloudelliset tai juridiset velvoittavat syyt. Osaa seurattavista parametreista koskee luonteeltaan ehdoton rajoitus. Toisten muutoksiin liittyy tavalla tai toisella mitattava hinta. Hinta ilmenee investointeina, käyttökustannuksina, niiden säästöinä tai vaikutuksina vesistön muihin käyttötapoihin.

Tarvittava tietous kattaa vesistön veden määrän ja laadun ohella valuma-alueen tapahtumia ja ekosysteemin ominaisuuksia. Siten parametreja koskevat mittaustulokset on voitava yhdistää tiettyyn alueelliseen ja ajalliseen kokonaisuuteen.

Vesistön tapahtumien syy-yhteyksiä säätelee veden virtaus gravitaation mukaisesti sekä laimenemis-, sekoittumis- ja kerrostumisilmiöt. Seurantatuloksia joudutaan käsittelemään yhteenvetoja laadittaessa hydrologisten muuttujien funktiona. Niihin liittyy usein myös ehdottomia rajoituksia ja taloudellisia edullisuuseroja.

Laitosten suunnittelussa ja käytössä pyritään varautumaan tuleviin tilanteisiin. Ajan suhteen veden laadussa, virtaamissa ja vedenkorkeuksissa ilmenee jaksollista vaihtelua, systemaattista kehitystä sekä satunnaisia muutoksia. Vedenhankinnan kannalta on otettava huomioon myös poikkeuksellisista luonnonoloista ja onnettomuuksista johtuvat riskit. Mittaustulosten on oltava sopivia ennusteiden laadintaan ja tilastolliseen aikasarja- tai toistuvuusanalyysiin.

Tutkimustulosten hyväksikäyttöön odotetaan nopeutta, varmuutta ja taloudellisuutta. Siten havaintojen teon ja tietojen käsittelyn pitäisi olla soveltuvien osin automaattista. Käytettävissä olevat mallitekniikat voidaan jakaa kuvaileviin, ennustaviin ja suunnitteleviin tässä hierarkkisessa järjestyksessä. Ennusteita laadittaessa tarvitaan tietoja myös taustamuuttujien kehityksestä. Suunnittelevissa malleissa on usein kysymys taloudellisesta tai muusta optimoinnista. Tällöin on määriteltävä optimointitehtävän tavoitefunktio, jotta mallia käytettäessä tarvittavat parametrit voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen.

5.2 Raakaveden laatua kuvaavat parametrit

Kaupunkiliiton toimiston julkaisussa B 33 "Vesilaitosten raakaveden laatuvaatimukset" on esitetty seuraavalla sivulla oleva taulukko Yhdysvaltojen ja Kanadan vesistöalueilla veden laadun kuvaamisessa käytetyistä parametreista.

Aina käytetty parametri oli siten liuenneen hapen määrä, jonka pitoisuudesta voidaan tehdä monia johtopäätöksiä vesistön tilasta.

Usein käytettyihin parametreihin kuuluivat pH, veden hygieenistä tilaa kuvaava kolimuotoisten bakteerien määrä, veden nautittavuuteen liittyvät maku ja haju sekä lisäksi radioaktiivisuus, myrkylliset aineet ja öljyt ja rasvat.

Harvemmin käytettyjen parametrien joukossa on monia meillä vesistötarkkailujen määrittelyyn kuuluvista aineista. Sama koskee myös

Aina käytetty (100%)	Usein käytetty (50—99 %)	Ei usein käytetty (20—49 %)	Harvinainen (0—19 %)
Liennut happi	pH Kolimuotoiset bakteerit Maku-haju Radioaktiivisuus Lämpötila Myrkylliset (toksiset) aineet Öljy-rasva	Arseeni Barium Kadmium Kromi (hex) Syanidi Fluoridi Lyijy Selenium Hopea Kiintoaines Sameus Kloridi Kupari Nitraatti Fenolit Fosfaatti Sulfaatti Väri	Pohjakeräytymät Kromi (tri) Johtokyky Ammoniakki Happamuus Alkaliniteetti Hiili-kloroformi-ekstrakti, CCE Rikkivety Pestisidit Natrium Rauta Plankton Vaahtoavat aineet Boori Mangaani Kovuus BHK Metyylisini-aktiiviset-aineet, MBAS Sinkki

ryhmään "harvinaisia määrittämiä" kuuluvia, joihin sisältyy esim. rauta, mangaani ja ammoniakki. KMnO_4 -kulutuksen määrittämisestä ei ole mukana edes tässä ryhmässä.

Käsitykset vesihuollon kannalta tärkeistä määrittämisistä vaihtelevat siis huomattavasti.

Kaupunkiliiton toimikunta totesi edelleen, etteivät kaikki vettä likaavat aineet ole samanarvoisia. Osa aineista on helposti, osa erittäin vaikeasti vedestä poistettavia. Veden sisältäessä esim. jotakin jälkimmäisistä aineista ainakin osa siitä saattaa läpäistä vedenkäsittelyprosessin ja aiheuttaa esteettistä, terveydellistä tai muuta haittaa.

Toimikunta on siten raakaveden laatuvaatimuksia harkitessaan kiinnittänyt päähuomion vaikeasti poistettaviin aineisiin, jolloin hyväksymisperusteita ovat olleet mm. seuraavat seikat:

- aine läpäisee vedenpuhdistusprosessin ja aineen esiintyminen vedessä voi olla terveydelle vaarallista (esim. lyijy, arseeni, elohopea)

- ainetta pidetään raakaveden voimakkaan likaantumisen osoittajana (esim. anioninaktiiviset pesuaineet, öljyt ja rasvat)
- aine jää veteen ja antaa siihen hajua ja makua tai hajua ja makuaineet muodostuvat siitä vedenpuhdistusprosessissa (esim. levien erittämät aineet, fenolit)
- aineiden on todettu vahingoittavan vesijohtoja ja kalusteita (esim. hapot)

Edellisen perusteella on toimikunta tehnyt ehdotuksen niistä raakaveden laatuominaisuuksista, joihin on kiinnitettävä huomio sekä antanut näille raja-arvot (liite 1).

Vesihuollon kannalta voidaan veden hygieenistä laatua, KMnO_4 :n kulutusta, rauta- ja mangaanipitoisuutta sekä veden makua ja hajua pitää tärkeinä ominaisuuksina. Toisaalta, jos mikä tahansa lääkintöhallituksen talousveden terveydellisissä laatuvaatimuksissa mainittu aine ylittää siinä esitetyn ylemmän pitoisuuden tai kohdan "myrkylliset aineet" aine ylittää annetun pitoisuuden, voidaan tätä ainetta pitää tärkeänä nimenomaan silloin kysymyksessä olevan vesilähteen kannalta. Näin on kysymys erityisesti silloin, kun aine kuuluu vaikeasti poistettaviin.

5.3 Asumajätevesien vaikutusta kuvaavat parametrit

5.3.1 Asumajätevesien vaikutus vesistössä

Suomalaisissa vesistöissä vesihuoltoa palvelevan vesistötutkimuksen parametreja on vaikea luetella järjestelmällisesti. Vaikeuden aiheuttaa ekosysteemin biologisten tekijöiden ja vuodenaikaisvaihtelun vaikutus. Erityisesti sellaisissa järvissä, joissa on pitkäikäinen viipymä, on hankala ennakoida kuormituksen vaikutusta. Tärkein parametri on vesistön sieto. Siedolla tarkoitetaan sellaista kuormitusta, jonka vesistö sietää ilman muille käyttömuodoille aiheutuvaa haittaa. Järvitutkimuksissa parametricalikoima voi näin ollen muodostua verraten laajaksi, kun jätevesien vaikutusta koko

ekosysteemiin halutaan jäljittää. Se riippuu lisäksi tutkimuksen suorittajan kokemuksesta ja käytettävissä olevasta laitteistosta.

Yhdyskuntien jätevesien vaikutus järvivesistössä perustuu pääasiassa kasvinravinteisiin ja happea kuluttaviin orgaanisiin aineisiin. Metallit, mineraaliöljyt ja myrkylliset aineet tulevat harvoin kysymykseen. Tosin toksisia vaikutuksia saattaa ilmetä silloin, kun käsitelty jätevesi joudutaan hygieenisistä syistä desinfiioimaan ennen vesistöön johtamista. Veden kiintoainepitoisuus lisääntyy toisinaan purkupaikan ympäristössä, samoin elektrolyyttien kokonaismäärä sekä suolistobakteerien tiheys.

Vesistön käytön kannalta tapahtuvien muutosten seuraukset ilmenevät pääasiassa seuraavasti:

- veden käyttökelpoisuus raakavetenä, karjan juomavetenä tai kasteluvetenä vähenee
- raakaveden puhdistuskustannukset kasvavat
- vesistön kalastettavuus huononee
- vesistön uimakelpoisuus heikkenee
- vesistön esteettinen ja virkistyksellinen arvo vähenee
- rantamaiden arvo alenee
- pahoissa pilaantumistapauksissa veneliikenne vaikeutuu
- eliöiden lajisto köyhtyy ja luonnonsuhteet muuttuvat

Jotta tarpeelliset parametrit voitaisiin määritellä, on tehtävä ero kuvailevan tutkimuksen, trendiennusteeseen tähtäävän tutkimuksen sekä sellaisen tutkimuksen välillä, joka tuottaa mahdollisuuden suunnitteluvaihtoehtojen vertailuun. Kasvinravinteet, orgaaniset ainekset ja vesistön perustuotanto ovat kaikissa keskeisiä, yhteisiä rehevöitymis- ja sietoparametreja.

Kun Suomen vesistöistä nimenomaan järvet ovat omaleimaisia, on tässä paikallaan tarkastella tutkimuksen tavoitteesta johtuvia eroja järvien yhteydessä. Pitkä talvi, suurehko humuspitoisuus ja vesien heikko puskurikyky estävät ulkomaisten tutkimustulosten hyödyntämisen sellaisinaan.

5.3.2 Järven tilan kuvaus

Kuvailevan järvitutkimuksen tavoite yhdyskunnan kannalta on usein ensi kädessä jätevesien johtamislupaan liittyvän velvoitteen täyttäminen tai suunnitteluperusteiden kokoaminen vesihuoltohanketta varten. Viranomaisen kannalta tavoitteena on jätevesien leviämisen kartoitus ja niiden vaikutuksesta tapahtuvien vesistön tilan muutosten selvittäminen riittävän ajoissa. Vesistön käyttöarvon vähenemiseen kohdistuvat tutkimukset tulevat ajankohtaisiksi lupahakemuksen vesioikeuskäsittelyssä tai haittojen ilmetessä vesistössä.

Tärkeimmät järven tilan kuvaamiseen soveltuvat fysikaalis-kemialliset laatuparametrit ovat samat kuin jätevesien vaikutusta seurattaessa (vrt. luku 4.2).

Biologiselta puolelta tutkimuksen tulee käsittää fekaaliset streptokokit ja avovesikauden aikana valaistun vesikerroksen kasviplanktonin perustuotantokyky, kun on kysymys asumajätevesistä. Muut biologiset parametrit otetaan ohjelmaan tarpeen mukaan, samoin sedimenttitutkimukset tai täydentävät veden laatuparametrit.

Havaintopaikat järvessä sijoitetaan purkupaikan välittömään läheisyyteen sekä siitä ulospäin verkkona jätevesien vaikutusalueelle. Uloimpien havaintopaikkojen tulee edustaa "luonnontilaista" aluetta, jolla kyseisen likaaajan vaikutus ei enää ole osoitettavissa. Näytteenottopaikat sijoitetaan veden arvioitujen virtausten suhteen keskeisiin kohtiin sekä syvänteiden kohdalle. Havaintoverkon tiheys riippuu alueen muista käyttötavoista ja vesistön ominaisuuksista.

Näytteenottopaikkoja arvioitaessa on syytä korostaa, että vesistö-tutkimuksessa on kysymys tilastollisessa mielessä nimenomaan näytteiden eikä otoksien kokoamisesta. Siten on hyvinkin perusteltua, että mm. vesihallinnon suorittamassa koko maata kattavassa järvisyvänteiden seurannassa havaintopaikkojen painopiste sijaitsee suurimman käyttöpaineen alaisissa vesistöissä. Samasta syystä vel-

voitetutkimuksissa tavoitellaan tiettyjä tilanteita edustavia näytteitä. Otantaan perustuva vesistötutkimus tarjoaisi todennäköisesti varsin mielenkiintoista lisätietoa vesien tilasta. Se sijoittaisi kuitenkin enemmän resursseja kuin tavanomukainen edustaviin vesinäytteisiin perustuva tutkimus.

Vesistötutkimusten näytteenottotiheys on porrastettu aiheutetun kuormituksen ja vesistössä tapahtuvan laimenemisen mukaan. Tämä on perusteltua, koska suuremman kuormituksen vaihtelut voivat aiheuttaa vesistössä nopeampia muutoksia, joiden havaitseminen ajoissa on valvontaviranomaiselle tärkeää.

5.3.3 Ennakointiin tähtäävä tutkimus

Trendiennuste sisältää olettamuksen, että nykytilanteeseen johtanut kehitys tulee jatkumaan samanlaisena tai että parametrien välinen korrelaatio tai regressio voidaan yleistää tulevaan tilanteeseen. Ensin mainittu olettamus johtaa lähinnä aikasarja-analyysin tai toistuvuusanalyysin avulla laadittaviin ennusteisiin. Ennakointiin tähtäävien tutkimusten kehittäminen ja hyväksikäyttö näyttäisivät tärkeältä askeleelta muokattaessa vesistötutkimusten tuloksia vesihuollon suunnittelua palvelevaan muotoon.

Ennakointi on valvontatutkimuksissa tarpeen, jotta vesistön tilan muutokset havaittaisiin ajoissa. Käytännössä riittävän nopea ja varma ennusteiden laadinta vesien valvontaa varten edellyttäne automaattisten mittausmenetelmien kehittämistä ja nykyistä joustavampaa tietojen käsittelyä. Yhdyskuntien vesihuoltoa ennusteet palvelevat silloin, kun jätevedenpuhdistamo on suunnitteilla tai purkupaikan siirtoa harkitaan.

Kuvailevassa järvitutkimuksessa keskeiset laatuparametrit liittyvät seuraaviin seikkoihin:

- perustuotanto, uuden eloperäisen materian muodostumisnopeus ja siihen vaikuttavat tekijät
- happea kuluttavan orgaanisen aineksen määrä
- happitilanne eri vesikerroksissa

- veden hygieeninen laatu

Ennakointiin tarvittavassa tutkimuksessa on saatava ainakin seuraava lisäinformaatio:

- jätevesikuormituksen vesistössä aiheuttama konsentraatioiden lisäys
- jäteveden ravinteiden aiheuttama perustuotannon lisäys
- happitilanteen riippuvuus kuormituksesta

Ravinnelisäyksen aiheuttama perustuotantokyvyn muutos voidaan mitata laboratorio-oloissa radiohiilitekniikalla. Toinen vaihtoehto on perustuotantokyvyn sijasta ns. levän kasvatuspotentiaali eli AGP (vrt. esim. Lehmusluoto 1973, Algal Assays in Water Pollution Research, Nordforsk). Tiedot jätevesien määrästä ja laadusta sekä laimenemissuhteista vesistössä ovat luonnollisesti tarpeen.

Järven ekosysteemissä tapahtuvien biologisten muutosten ennakointi on toistaiseksi perustutkimuksen asteella. Hyvin seikkaperäisiä malleja on kehitetty. Energian virtaus ravintoketjussa (vrt. Gyllenberg 1974) ja järven ainetaseiden fysikaalinen tarkastelu (vrt. Vesihallitus 1972, Päijänteen yhteenvetotutkimus I-II) ovat tavallisimmin ennusteiden perustana. Järven sietoa voidaan myös arvioida ns. pintakuormituksen avulla (Seppänen 1973).

On todettu, että veden laatu käsitteenä on mutkikkaampi kuormitetussa vesistössä kuin luonnontilaisessa (Laaksonen 1974). Tällöin veden elektrolyyttipitoisuuden ja happipitoisuuden voidaan katsoa parhaiten ilmentävän kulttuurin vaikutuksen lisääntymistä. Elektrolyyttipitoisuus näyttää erityisesti jo muuttuneissa vesistöissä liittyvän kiinteästi veden muihin laatuominaisuuksiin. Kulttuurin vaikutuksen voimistuessa vähenee hapen, hiilidioksidin, alkaliniteetin ja pH:n merkitys veden laadun ominaispiirteiden ilmentäjinä. Kiintoainepitoisuuden, raudan ja kasvinravinteiden merkitys taas kasvaa. Sähkönjohtokyky, väri ja kaliumpermanganaatin kulutus näyttävät vakaimmilla veden laadun mittareilta eri tavoin kuormitetuissa vesistöissä (Laaksonen 1974). Siten niitä voitaneen suositella käytettäväksi ennusteiden laadinnassa para-

metreina, jotka korreloivat muiden laatumuuttujien kanssa.

5.3.4 Jokitutkimus

Vesihuoltoa palvelevan vesistötutkimuksen kannalta jokivesistö poikkeaa järvestä pääasiassa seuraavien ominaisuuksien puolesta:

- veden hetkellinen laatu voidaan olettaa melko tasaiseksi tietyn poikkileikkauksen eri kohdissa
- ajalliset vaihtelut tietyn poikkileikkauksen kohdalla ovat usein suhteellisen nopeita järviin verrattuna (virtaama ja veden laatu)
- jokivesistön happivarasto täydentyy yleensä tehokkaammin kuin järven
- tapahtumien syy-seuraus-suhteet etenevät sekä ajan että paikan suhteen ketjuna

Näistä ominaisuuksista johtuu, että jokitutkimuksen havaintopaikat voidaan sijoittaa uomaan peräkkäin. Jätevesien vaikutuksen vertailupiste löytyy helposti purkupaikan yläpuolelta. Vedenotamon raakaveden tarkkailun tulee olla joessa tiheämpi kuin järvesä. Eri aineiden pitoisuuksien merkitystä on vaikea tulkita ilman tietoa virtaamasta. Ennusteiden laadinnassa voidaan käyttää hyväksi virtaamaennusteita ja laimenemisfunktioita. Vesihuollon kannalta kriittisin ajankohta on alivirtaamakausi, jonka kesto ja keskiarvo voidaan ennustaa (Mustonen 1971). Ennusteiden laadinta ei jokivesistössäkään ole helppoa. Vesistön sielo muodostuu hieman eri perusteiden kuin järvivestistöissä, koska käyttömuodot ovat erilaiset.

Valuma-alueella vesistön ulkopuolella sattuvat tapahtumat heijastuvat jokiveden laadussa suhteellisesti nopeammin kuin järvivestistöissä. Vedenottoa palvelevan varoitusjärjestelmän tulee siten olla nopea.

5.3.5 Rannikkovesiä koskeva tutkimus

Vedenpuhdistukseen Suomen rannikon murtovettä ei juuri käytetä. Sen sijaan jäähdytysveden ottopaikkana ja jätevesien resipienttinä meri on siinä määrin edullisempi kuin sisämaan vesistöt, että runsaasti vettä käyttävä teollisuus hakeutune jatkuvasti rannikolle. Yhdyskuntien ravinnepitoisille jätevesille yhteisvaikutus lauhdevesien aiheuttaman ns. termisen polluution kanssa muodostuu lähivuosien ongelmaksi. Muuten yhdyskuntien jätevesien rehevöittävä vaikutus Suomen rannikolla lienee toistaiseksi varsin rajoittunut. Se kohdistuu kuitenkin voimakkaimpana niihin rantoihin, jotka olisivat arvokkaimpia asutuskeskusten virkistysalueina. Vaikutus yhdyskuntien vedenhankintaan ei toistaiseksi liene ajankohtainen. Se edellyttäisi, että suolanpoiston teknis-taloudellisissa mahdollisuuksissa tapahtuisi huomattavaa kehitystä.

Vesistötutkimuksessa on otettava huomioon vesirungon liikkeet, jotka heijastuvat selvimmin saliniteetin, sähkönjohtokyvyn ja lämpötilan muutoksina. Nämä veden laatuparametrit ovat keskeisiä. Elektrolyyttejä, esim. sulfaatteja, sisältävällä jätevedellä ei ole purkuvesistön suolapitoisuutta lisäävää vaikutusta kuten sisämaassa. Talvella merialueelle on tyypillistä, että jätevedet voivat levittäytyä laajalle alueelle suhteellisen ohuena jäänalaisena kerroksena suolaisemman ja tiheämmän murtoveden päälle. Rannikolla merenpinnan korkeusvaihteluista johtuva pumppausvaikutus toisaalta edistää jätevesien sekoittumista. Pohjanlahden ja Suomenlahden olosuhteet poikkeavat myös toisistaan.

Merta kuormitettaessa joudutaan seuraamaan myös kaikkia niitä parametreja, joita kansainväliset sopimukset koskevat. Tärkeimpinä pidetään hitaasti hajoavia orgaanisia myrkkyjä. Rannikkoalueella litoraalin ja pohjan eläimistöillä on keskeisempi asema jätevesien indikaattorina kuin sisävesissä.

5.4 Biologiset parametrit

Tutkimuskohteiden jaottelu määräytyy käytettävissä olevien lait-

teiden ja menetelmien perusteella. Vesihuollon edellyttämässä vesistötutkimuksessa mitattavia ominaisuuksia on ainakin seuraavilla eliöryhmillä ja niiden muodostamilla yhteisöillä:

Mikrobit - Bakteerit, virukset, sienet ym.
 Kasvit - Planktonlevät, makroskooppiset levät, putkilokasvit
 Eläimet - Eläinplankton, pohjaeläimet, litoraalin eläimet, kalat

Samoilla menetelmillä saadaan usein tietoja elottomista partikkeleista. Mittalukuja tarjoavat assosiaatioiden rakennetta kuvaavien tunnuslukujen (esim. indikaattorisysteemit) ohella mm. seuraavat ominaisuudet:

Biomassa Plankton - tilavuus, paino
 pohjaeläimet ja kalat - paino
 Abundanssi Lajin yksilöiden lukumäärä
 Dominanssi Lajin osuus biomassasta ja yksilömäärästä
 Diversiteetti Diversiteetti - indeksit
 Pesäketiheys Bakteeritutkimuksissa, ei sama kuin yksilömäärä
 Tuotanto(kyky) Kasviplanktonin perustuotanto
 Kalojen kasvunopeus

Esiintymisfrekvenssi tai arvioitu runsaus (esim. rantavyöhykkeen putkilokasvit tai Salmonellat vesinäytteissä).

Vedenhankintaan palvelevat biologiset raakaveden valvontamenetelmät ovat kehittyneet viime vuosina. Bakteeripopulaation hapenkulutusta voidaan seurata automaattilaittein, jotka hälyttävät veden laadun muuttuessa radikaalisti, erityisesti myrkyllisten aineiden esiintyessä. Kaloja tai muita organismeja on vastaavasti käytetty jäteveden purkuvesistöjen jatkuvaan valvontaan jokivesistöissä. Kotimaiset kokemukset tällaisista seurantamenetelmistä lienevät toistaiseksi melko vähäiset.

Planktonin ja vesikasvillisuuden runsaus ovat tärkeitä parametreja arvioitaessa suodatustarvetta vesilaitoksella tai valittaessa vesistöä tekopohjaveden muodostamista varten. Leväkukintoihin liittyvät haju- ja makuhaitat ovat yleistymässä vedenottovesistöjen

rehevöityessä. Niitä on erityisen vaikea poistaa pienissä vesilaitoksissa.

5.5 Hydrologiset parametrit

Vedenhankintaan liittyy ensisijaisesti kysymys veden riittäväydestä ja yläpuolisten jätevesien vaikutuksesta. Jätevesien kannalta ratkaisevia ovat laimeneminen ja vesistön puhdistumiskyky tai sieto. Näiden kaikkien arviointi edellyttää tietoja vesistön hydrologisista ominaisuuksista. Yleisimmät vesistön vesitasetta koskevat parametrit liittyvät sadantaan, haihduntaan, valuntaan ja varastoitumiseen. Näistä käytetään mm. seuraavia parametreja:

- yläpuolisen vesistöalueen pinta-ala ja järvisyys
- virtausolosuhteet
- virtaamien ja vedenkorkeuksien vaihtelut (pysyvyyskäyrät ja toistuvuusanalyysi)
- tunnusomaiset virtaamat ja vedenkorkeudet, kuten mm. keskiyli- virtaama MHQ, keskivirtaama MQ, keskialivirtaama MNQ sekä vastaavat vedenkorkeudet keskiylivesi MHW, keskivesi MW ja keskialivesi MNW
- alivirtaamakausiin pituudet sekä niitä vastaavat keskivirtaamat ja vedenkorkeudet
- jääpeitteen kesto ja keskimääräinen paksuus
- järven eri syvyysvyöhykkeiden pinta-alat ja tilavuudet sekä keskisyvyys

Näiden perusteella voidaan laskea mm. teoreettinen viipymä ja keskimääräinen laimeneminen (saniteettivirtaaman arvioiminen). Eri syvyysvyöhykkeiden pinta-alat ja tilavuudet ovat hyödyllisiä, tiedot mahdollisesta säännöstelystä välttämättömiä. Pohjan topografia on usein ratkaiseva jätevesien kulkeutumisen kannalta.

Hydrologisia tietoja täydentävät merkinnät näytteenottopäivän säätilasta. Tutkimustulosten hyväksikäytössä hydrologiset havainnot muinakin ajankohtina kuin näytteenottopäivänä ovat välttämättömiä. Erityisen tärkeä on virtaamien vaihtelu jokivesistöissä. Järvien kerrostuneisuuden pysyvyyttä on totuttu mittaamaan stabiiliteetin perusteella.

6. OLEMASSAOLEVAN AINEISTON PUUTTEET

6.1 Puutteet yhdyskuntien vesihuollon kannalta

Kun on kysymyksessä vesistön valinta raakaveden saantia varten ja halutaan saada laatutietoja kysymykseen tulevista vesistöistä vertailua varten on eräs mahdollisuus käyttää vesihallituksen tietorekisteriä.

Seurantatutkimuksissa on kuitenkin painotettu jätevesistä vesistöihin aiheutuvan vaikutuksen seuraamista.

Tarkkailupisteet ovat siten yleensä eniten likaantuneiden vesistöissä, kun taas vedenhankinta pyritään suorittamaan vähemmän likaantuneista vesistöistä.

Vesihallituksen virtapaikoilla suorittaman veden laadun seurannan yhteydessä otetuista näytteistä on suoritettu seuraavat määritykset:

Lämpötila, happi, sähkönjohtokyky, alkaliniteetti, pH, väri, sameus, KMnO_4 -kulutus, kiintoaine, enterokokit, BHK_7 , kok.N, kok.P, kok.S, Cl, SiO_2 , Fe, Ca, Mg, K, Na, Mn ja orgaaninen hiili.

Järvisyvänteiden seurannan yhteydessä otetuista näytteistä on suoritettu seuraavat määritykset:

Näkösyvyys, lämpötila, happi, CO_2 , sähkönjohtokyky, alkaliniteetti, pH, väri, sameus, KMnO_4 -kulutus, kiintoaine, kok.N, kok.P, kok.S, Cl, SiO_2 , Fe, Ca, Mg, K, Na, Mn, orgaaninen hiili ja ligniini.

Kaupunkiliitto on vuonna 1970 julkaisussaan B 33 "Vesilaitosten raakaveden laatuvaatimukset" esittänyt taulukon raakaveden laadulle asetettavista kriteereistä (liite 1).

Ruotsissa on Naturvårdsverket julkaisussaan 1961:1 esittänyt ruotsalaiset normit pintaveden laatuvaatimuksille ja Suomessa on

Vantaanjoen ja Helsingin seudun Vesiensuojeluyhdistys vuonna 1974 julkaissut vedenhankintaan käytettävien vesistöjen laatuluokituksen. Vesistöt jaetaan näissä luokituksissa neljään luokkaan. Veden laadusta riippuen vaaditaan kloorauksen lisäksi eriasteinen käsittely.

Luokka I on raakaveden saannin kannalta erinomaista raakavettä ja sen puhdistukseen riittää kloorauksen lisäksi pikasuodatus.

Luokka II on hyvää raakavettä ja sen puhdistusmenetelmäksi riittää kemiallinen saostus sekä suodatus.

Luokka III on heikkoa tai epäilyttävää raakavettä, jonka puhdistamiseen tarvitaan edellä olevan lisäksi esim. alkuklooraus ja sopiva jälkikäsittely. Lisäksi vaaditaan huolellista raakaveden ja puhdistetun veden tarkkailua.

Luokka IV on erittäin heikkoa raakavettä, jonka puhdistamiseen vaaditaan edellisten lisäksi pitkäaikaista varastointia, tehokkaita hapetus- tai absorptiokäsittelyjä ym. sekä erittäin tehostettua tarkkailua.

Verrattaessa alussa mainittuja vesihallituksen tarkkailuissa suoritettuja määrityksiä Kaupunkiliiton kriteereihin ja esitettyihin vesistöjen laatuluokituksiin todetaan, ettei tarkkailutuloksia ole riittävästi seuraavista tekijöistä: sulfaatti, ammoniakki, nitraatti, nitriitti, metallit, fluori, tensidit, fenolit sekä öljyt. Metallien lisäksi ei ole seurattu myöskään vaarallisiksi katsottavien aineiden esim. pestisidien pitoisuuksia. Vesistön tilan kuvaukseen liittyvää eliöstön seuranta ei ole suoritettu riittävästi.

Tutkitut parametrit eivät siten ole täysin niitä, joita tarvittaisiin suunnittelussa.

Tällä hetkellä ei myöskään ole olemassa analyysimenetelmää, jolla voitaisiin erottaa ihmisen toiminnan (esim. urbanisoitumisen) vai-

kutusta vesistön veden laatuun valumisen aiheuttamasta kuormituksesta. Myöskään ei tunneta vedessä olevien orgaanisten aineiden (esim. levätoksiinien) fysiologisia vaikutuksia.

Niille ei ole helposti suoritettavia analyysimenetelmiä ja niiden poistaminen vedestä tuottaa vaikeuksia ja tulee kalliiksi. Vaikka vesi muuten täyttäisikin laatuvaatimukset, voi jonkin aineen läsnäolo, jota ei kyetä analysoimaan, tehdä veden terveydellisesti vaaralliseksi.

Veden sisältämien myrkyllisten tai haitallisten aineiden seurantaan voidaan mahdollisesti käyttää seuraavia menetelmiä, joita on käytetty ainakin jätevedenpuhdistamoihin tulevan veden myrkyllisyyden toteamiseksi:

1. Kalatesti, jossa tarkkaillaan kalan liikkumista ja hengitystä automaattisella laitteistolla. Mikäli toiminnot poikkeavat normaalista, laite suorittaa hälytyksen (Cairns, Jr., J. et al. 1974).
2. Tarkkaillaan happimittarilla bakteeriviljelmän hapenottoa. Myrkyllistä ainetta sisältävä vesi alentaa mikro-organismien hapenottoa ja happimittari indikoi happipitoisuuden lisääntymisen (Solyom 1975).

Kangas on v. 1961 maininnut Knöppen assimilaatio-kulutustestin, jossa voidaan käyttää tavallista BHK-määrityksiin käytettyä analytiikkaa.

Terveydellisiin kysymyksiin voidaan vielä lisätä hivenaineiden läsnäolo sekä veden kovuus. Suomen vedet ovat varsin pehmeitä ja esim. magnesiumin, sinkin ja kadmiumin pitoisuudella vedessä on katsottu olevan yhteyttä maamme korkeaan sydäntautikuolleisuuteen. Näihin seikkoihin voitaisiin myös kiinnittää huomiota tutkimuksissa.

Vesistöjen kehityssuunnan arvioiminen on vaikeaa, koska aikaisem-

pia tutkimuksia on vähän, analysoidut parametrit eivät ole aina samoja ja lisäksi on keskitytty kemiallisiin ja fysikaalisiin parametreihin. Vain pitkäaikaiset havaintotulokset voivat antaa luotettavan kuvan tilanteen kehittymisestä.

Tarkkailun tiheys riippuu olennaisesti vesilaitoksen koosta. Pienemmillä laitoksilla ei ole kapasiteettia havaintojen tekoon niin laajalti kuin isoimmilla. Veden saanti suuremmalle ihmisjoukolle asettaa toisaalta myös suurempia veden laadunvalvontaa koskevia velvoitteita.

Helsingin kaupungin havaintojen mukaan jo niinkin lyhyin välein kuin kahdesti viikossa otetuista jokinäytteistä tehtyjen analyysien tuloksissa on huomattavia eroja; vielä suurempia erot ovat jos analyysija suoritetaan harvemmin.

On esitetty, että ainakin kasvukauden aikana olisi havainnot suoritettava kahdesti viikossa, jos käyttövaikeudet halutaan ajoissa torjua.

Kun seurantatarkkailussa näytteitä otetaan vain pari kertaa vuodessa, on saatu aineisto huomattavasti ylimalkaisempi. Eräiden vanhempien tarkkailutulosten käyttökelpoisuutta vähentää vielä se, että näytteenottopaikkoja ja tutkittuja parametreja on muutettu.

Optimitilanne olisi, mikäli vesistöjen laatua voitaisiin valvoa jatkuvasti rekisteröivillä mittalaitteilla. Riittävän laajan ja kattavan mittausverkon luominen on kuitenkin varsin kallista.

Laatutekijöiden lisäksi on otettava huomioon vesistöjen hydrologia. Vedensaannin on oltava riittävä myös alivirtaaman aikana. Hydrologisten seikkojen tietäminen vaatii pitkät havaintojaksot. Havainnot on lisäksi tehty ylivirtaamia silmällä pitäen, kun vedensaannin varmistamisessa olisivat alivirtaamat ja haihdunta tärkeitä. Lisäksi olisi selvitettävä järvien vesitilavuudet, kun toistaiseksi on selvitetty vain niiden pinta-alat.

Raakaveden riittävyyden lisäksi on vesistöjä kyettävä varjelemaan saastumiselta ja seurattava kuormituksen vaikutusta veden laadun muuttumiseen.

6.2 Puutteet asumajätevesien johtamisen kannalta

Asumajätevesien vaikutuksia koskeissa vesistötutkimuksissa on nähtävissä sekä muodollisia että sisällöllisiä puutteita. Tässä tarkastellaan asiaa ainoastaan soveltavan, vesihuoltoa palvelevan tutkimuksen kannalta ja sivuutetaan useimmat perustutkimukseen samoin kuin menetelmien kehittämiseen liittyvät näkökohdat. Puutteita ovat ainakin seuraavat:

- A. Tutkimukset eivät ole riittävän systemaattisia ja säännöllisiä. Aineistoja koottaessa ei aina ole selvillä tulosten käsittelytapa ja käyttötarkoitus eikä havainnoista muodostu tilastolliseen käsittelyyn soveltuvia sarjoja. Tästä seuraa, että vesistön ainetaseita käsiteltäessä on vaikea yhdistellä hydrologisia ja laatuparametreja koskevia havaintoja sekä hyödyntää niiden välisiä riippuvuuksia ennusteita laadittaessa.
- B. Tutkimustuloksia ei dokumentoida riittävin taustatiedoin varustettuna eikä käsitellä yhteenvetoasteelle. Alkuperäisten havaintojen tavoittaminen ja yhdisteleminen suunnittelua palvelevaksi kokonaisuudeksi on myöhemmin vaikeaa.
- C. Näytteenotosta tulostaulukkoon kuluva aika on usein kohutuuttoman pitkä. Tuoreimmat tiedot vesistön tilasta ja veden laadusta voivat olla useiden kuukausien ikäisiä, ellei tiettyä osatehtävää erityisesti kiirehditä.
- D. Suunnittelumenetelmiin liittyvien käyttöparametrien ja vesistössä tehtävien havaintojen välisiä yhteyksiä ei aina selvennetä riittävästi tutkimusselostuksissa. Puuttuu perustietoa parametrien välisistä kvantitatiivisista

yhteyksistä ja mittaustulosten hajonnan komponenteista.

Sisällöllisistä puutteista on kenties tärkein se, että vesistöjen seurannassa ei ole kiinnitetty paljoakaan huomiota vedenhankinnan suunnittelua palveleviin tutkimuksiin. Painopiste on kuormituskijöiden vaikutuksen seurannassa. Vesihuoltosuunnitelmia laadittaessa valtakunnalliset seurantatulokset ovat usein ainoat havaintosarjat, joilla on raakaveden laadun ennakkoinnissa tarvittavaa ajallista kantavuutta. Näitä havaintopaikkoja on pintavesien käyttötärpeeseen nähden vähän ja näytteenottotiheys on riittämätön veden laadun jaksollisten ja satunnaisten vaihteluiden ennakkointiin.

Jätevesien vaikutuksen seurantaan tähtäävät tutkimukset jäävät kuvailuasteelle. Tuloksia ei käsitellä siten, että saataisiin perusteet puhdistustavoitteen määrittelylle vesistökohtaisesti. Tarjolla on lukuisia parametreja, joilla voidaan kuvata jätevesien vaikutusastetta. Niitä pitäisi mitata ja tuloksia käsitellä siten, että puhdistamon tyyppi ja teho sekä purkupaikka voitaisiin määrittellä vesistön siedosta (vrt. esim. Lappalainen 1975, Miettinen 1975) ja käyttötavoista lähtien. Kysymys on silloin vesistötutkimuksen parametrien osalta lyhyesti seuraavasta:

- määritellään pitoisuudet, joita vesistössä ei saa ylittää
- arvioidaan ekologisten muutosten suotavuus ja taloudelliset ja sosiaaliset seuraukset
- tarkastellaan vesistöä kokonaisuutena, jossa siedon ylittävä kuormitus koituu alapuolisten käyttäjien maksettavaksi
- arvioidaan taloudellista tai sosiaalista merkitystä omaavien parametrien yhteydet kuormitusparametreihin

6.3 Ongelmat erityisesti vesilaitoksen käytön kannalta

Pohjavettä käyttävän vesilaitoksen raakaveden laatu pysyy yleensä tasaisena ja ongelmat eroavat pintavettä käyttävien laitosten ongelmista.

Pintavettä käyttävän vesilaitoksen vaikeutena ovat veden laadun äkilliset vaihtelut. Nämä vaihtelut olisi todettava mahdollisim-

man aikaisessa vaiheessa. Vaihtelut voivat olla niin suuria, että ne vaativat muutoksia puhdistusprosessiin. Sen sijaan pohjaveden laatu pysyy melko tasaisena ja samoin pysyvät veden sisältämien mahdollisten vaikeuksia aiheuttavien yhdisteiden pitoisuudet samalla tasolla.

Pienten vesilaitosten vaikeutena raakaveden laadun muuttuessa paljon on se, että nämä laitokset useimmiten on rakennettu siten, ettei prosessia voida kirjoakaan muuttella. Siten esim. lisäkemikaalien syötön järjestäminen on vaikeaa. Tällainen on tilanne esim. silloin, kun veteen tulee mangaania siinä jo olevan raudan lisäksi. Veden pH olisi silloin nostettava selkeytyksen ja suodatuksen välillä tai siihen olisi mahdollisesti lisäksi syötettävä vielä muitakin kemikaaleja. Monessa pienemmässä laitoksessa, jossa floataatio on selkeytysmenetelmänä, on flokkaustila välittömästi suotimen yläpuolella ja kemikaalin syöttö selkeytyksen ja suodatuksen väliin on mahdotonta tai ainakin paljon vaikeampaa kuin jos välillä olisi erillinen reaktiotila.

Monilla isoimmillakin vesilaitoksilla ovat suurimpina vaikeuksina kesäaikana ilmenevät maku- ja hajuhaitat, joita esim. levät aiheuttavat. Kun makujen ja hajujen poisto useissa tapauksissa vaatisi otsonoinnin tai aktiivihiiilen käytön, ei tarvittavia laitteistoja ole käytettävänä. Haju- ja makuhaittoja ilmenee tietenkin myös pienemmissä puhdistamoissa, mutta näiden keinot asian korjaamiseksi ovat vielä vähäisempiä.

Jatkuvasti rekisteröivillä ja hälyttävillä mittalaitteilla, joita sijoitettaisiin riittävän pitkälle vedenottovesistöön, saataisiin aikaisessa vaiheessa tieto tapahtuvista veden laadun muutoksista ja voitaisiin varautua niihin.

Vesijohtoveden laatuvaatimuksissa vaarallisiksi nimettyjen alkuaineiden ja tällaisiksi muissa yhteyksissä tiedettyjen tai epäiltyjen yhdisteiden analysoimiseksi ei vielä ole vakiintunut käytäntöön sopivia menetelmiä vaadittaville pitoisuuksille.

7. SEURANNAN JA TUTKIMUKSEN KEHITTÄMISESTÄ

7.1 Kehittämiskohteita

Veden valmistuslaitosten suunnittelun ja käytön kannalta keskeisiä kehittämismahdollisuuksia voidaan kiteyttää seuraavasti:

- A. Otetaan vesistöjen jatkuvan seurannan piiriin ne kohteet, joita käytetään yhdyskuntien raakaveden ottoon nykyisin tai jotka on syytä varata tähän tarkoitukseen. Hyötyinä saadaan tiedot vedenottovesistön kehityksestä sekä varmuutta veden käsittelysuunnitelmaan. Seurannan tulisi käsitellä veden määrän ja laadun ohella dynaamisesti muuttuvat tekijät.
- B. Kootaan havainnot systemaattisesti siten, että jaksolliset ja satunnaiset veden laadun vaihtelut voidaan ennakoida.
- C. Pyritään automaattisiin mittauslaitteisiin ainakin yhdessä referenssipisteessä kutakin tärkeäksi arvioitua vesistöä kohti. Dokumentoidaan laatuhavainnot vuorokausikeskiarvoina kuten virtaamamittauksissa. Sijoitetaan referenssipisteet kohtiin, joista saadaan myös virtaamatiedot tai vedenkorkeudet.
Automaattilaittein seurataan tarpeen mukaan veden lämpötilaa ja happipitoisuutta, happamuutta, sähkönjohtokykyä ja mikäli sopiva laitteisto saadaan kehitetyksi, myös orgaanisen hiilen määrää tai kemiallista hapenkulutusta.
- D. Rekisteröidään virtausnopeus, lämpötila, liuenneen hapen määrä, kemiallinen hapenkulutus, kiintoainepitoisuus tai sameus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, ammonium, kovuus, suolistobakteerit sekä ajoittain raskaat metallit ja orgaaniset myrkyt. Seurataan planktonkuvaa ja muuta eliöstöä hajuhaittojen ja suodatustarpeen ennakoinniseksi myös tekopohjaveden muodostamista silmällä pitäen.

Jätevesien johtamista suunniteltaessa ja niiden vaikutusta seurattaessa ovat keskeisiä tehtäviä ainakin seuraavat:

- A. Määritetään purkuvesistöjen sieto kokeellisen kasvutekijätutkimuksen ja vertailuvesistöjen avulla.
- B. Arvioidaan veden laadun ja eliöstön muutoksista johtuvat taloudelliset ja sosiaaliset seuraukset. Mitoitetaan puhdistustavoite siten, että normeina esitettyjä pitoisuuksia ja sietoa ei vesistössä ylitetä.
- C. Suunnitellaan purkupaikka ja puhdistusmenetelmä vesistökohtaisesti siten, että verrataan taloudellista panosta hyötyyn.
- D. Dokumentoidaan sekä havaintotulokset että eri parametrien välillä todetut kvantitatiiviset yhteydet siten, että ne ovat suunnittelijoiden saatavissa. Parametreja muutellaan ajallisesti mahdollisimman vähän. Taustatietojen, esim. jätevesikuormituksen ja vesistöalueen yleistietojen pitäisi ilmetä tutkimusselostuksista.

7.2 Asumajätevesikuormitus ja vesistön sieto

Yhdyskuntien vesihuoltoa palvelevassa vesistötutkimuksessa on vedenhankinnan puolella eräänä lähtökohtana kuormitus ja hydrologiset tekijät sekä näistä riippuva mahdollinen rehevöitymistrendi. Jätevesien johtamista suunniteltaessa taas keskeisin arviointikohde on purkuvesistön sieto eli kuormituskapasiteetti.

Mitattaessa vesistön sietoa asumajätevesikuormituksen suhteen voidaan kriteereiksi ottaa toisaalta vesistön hygieeniset olosuhteet, toisaalta happitalouteen kohdistuvat haitat. Viimeksi mainittujen osalta päättelyketju on järivialtaissa yksinkertaistettuna seuraava:

Kuormitus: - Suora orgaaninen kuormitus
↓ - Ravinteista johtuva rehevöityminen

Järven alusveden happi- - Veden vaihtuminen
toisuus kriisiaikoina: - Hapen kulumisnopeus
↓

Vaikutus vesistön käyttötapoihin sekä aineiden vaihtoon veden ja pohjasedimentin välillä.

Samakin rehevyystaso voi aiheuttaa erilaisen happitason riippuen mm. järvien alusveden tilavuudesta. Rehevyystasolla on yhteys myös hajuhaittojen todennäköisyyteen. Virtaavissa vesissä hapen merkitys siedon indikaattorina on vähemmän keskeinen, koska ne eivät yleensä kerrostu ja happivaranto uudistuu tehokkaammin kuin järvissä.

Yhteenvedon kuormituskapasiteetin arviointiperusteista on esittänyt mm. Lappalainen (1975).

8. MALLIVESISTÖTUTKIMUKSET

8.1 Mallivesistölle asetettavista vaatimuksista Suomen oloissa

Mallivesistöille asetettavat vaatimukset vaihtelevat luonnollisesti tavoitteista riippuen. Yhdyskuntien vesihuollon ja mallitekniikan hyödyntämisen kannalta päädytään ainakin seuraaviin suotaviin ominaisuuksiin:

- A. Vesistön tulisi edustaa jotain sellaista suomalaista vesistötyyppiä, jota käytetään yhdyskuntien vesihuoltoon ja joka tulee kysymykseen vertailuvesistönä. Kokemäenjoen, Kymijoen, Oulujoen ja Kemijoen suuret vesistöalueet edustanevat kukin omaa tyyppiänsä. Pohjanmaan sulfidisavi-alueelta purkautuvat joet ja niiden latvajärvet muodostavat omat tyyppinsä, samoin eteläisen ja lounaisen rannikkoalueen pienehköt jokivesistöt.
- B. Vesistöalueen geologia, maankäyttö ja hydrologiset ominaisuudet olisi tunnettava ennestään ainakin pääpiirteittäin. Meteorologisten ja hydrologisten mittauksen tulisi olla käytettävissä melko pitkältä jatkuvalta aikajaksolta.
- C. Valuma-alueen ja vesistön rakenteellisten ominaisuuksien tulisi pysyä tutkimusjakson aikana mahdollisimman vakaina. Sama koskee asutuksen vaikutuksia, jollei haluta nimenomaan seurata kehittyvän kuormituksen tai vesistönjärjestelyn aiheuttamia muutoksia.
- D. Mallivesistön tulisi olla ainakin keskinkertaisen käyttöpaineen alainen sekä vedenhankinnan että jätevesien johtamisen suhteen, jotta tulokset olisivat välittömästi hyödyksi.
Vesistön osat voivat luonnollisesti olla erilaisia. Mallivesistön edustavuuteen liittyy siis kaksi puolta, edustavuus toisaalta vesistötyypinä, toisaalta vesihuollon kan-

nalta. Mallityön yhteydessä kehitettävien laskentamenetelmien yleistämiseen vesistön edustavuus ei ehkä vaikuta ratkaisevasti.

- E. Vesistön tulisi olla jaksoteltavissa selviin osakokonaisuuksiin sekä veden virtauksen että käyttömuotojen osalta. Tämä johtuu siitä, että mallitekniikalla voidaan tavoittaa suurempi hyöty käsiteltäessä koko vesistöä kuin yksittäistä kohdetta. Osakokonaisuuksia koskeville lähtötiedoille on kuitenkin asetettava sama täydellisyysvaatimus riippumatta osien lukumäärästä.
- F. Vedenottotarvetta, jätevesien aiheuttamaa kuormitusta ja vaadittavaa veden laatua vesistössä on voitava seurata mieluiten kuukausikeskiarvoina. Vuodenaikaisvaihteluun liittyvät hydrologiset muutokset on arvioitava samalla tarkkuudella kullekin osa-alueelle.
- G. Muiden kuin tutkittavien tekijöiden pitäisi pysyä tutkimuksen aikana melko muuttumattomina. Silloin ne voidaan selvittää olosuhteiden kuvauksessa, mutta eivät vaadi jatkuvaa seurantaa. Esim. vesistön vesitaseen komponenteista lähinnä virtaama ja sen eteneminen (viipymät) ovat jokivesistössä vesihuollon kannalta tärkeitä. Muillakin on luonnollisesti mielenkiintoa varsinkin perustutkimuksena. Maankäytön urbanisoituminen taajama-asutuksen kehittyessä on myös vesistöjen kannalta kehittyvä ongelma.
- H. Mallivesistön etäisyys tutkimuslaitoksesta saattaa vaikuttaa työn onnistumiseen siten, että lyhyillä matkoilla näytteiden käsittelystä ja kuljetuksesta ei muodostu ongelmaa.

8.2 Havaintotiheys

Havaintotiheyden tulisi vesihuollon edellyttämässä vesistötutkimuksessa määräytyä tavoitellusta aineiston edustavuudesta ajassa ja

tilassa. Kun on todettu, että perinteisin keinoin toteutetun tutkimuksen kustannukset kasvavat kohtuuttomiksi pyrittäessä tarpeita vastaavaan alueelliseen ja ajalliseen peittävyys, on etsitty taloudellisempia vaihtoehtoja. Ajallista peittävyttä voidaan parantaa automaattisilla mittauslaitteilla, joilla seurataan muutamaa parametria yhdessä tai useammassa tutkimusalueen keskeisessä kohdassa. Alueellista peittävyttä luodaan suorittamalla erityyppisen perusteellinen tavanmukainen tutkimus harvemmin aikavälein sekä remote sensing -menetelmien kehittyessä myös ilmakuvauksin, joiden tulkinta vesistötutkimusten kannalta tosin on vasta kehityksessä. Seuraavassa on esitetty näkökohtia lähinnä tavanmukaisen vesistötutkimuksen havaintotiheydestä. Resurssien käytön kannalta tehokkain seuranta olisi vesistökohtaisesti eri tutkimustyyppien yhdistelmä.

Virtaama- ja vedenkorkeushavainnot on totuttu kokoamaan päivittäin. Tiedon analysointimenetelmät on myös kehitetty päivittäisten havaintojen käsittelyä varten, joista muodostetaan suunnitellua tehokkaammin palvelevia tunnuslukuja useimmiten kuukauden tai vuoden mittaiselta aikajaksolta.

Tulosten tilastollista tarkastelua silmällä pitäen vesistötutkimuksen paras näytteenottotiheys on koottujen havaintojen mukaan kuukausi. Lyhyempiäkin näytteenottointervalleja on suositeltu, mutta niitä käytetään yleensä vain paikallisesti lähinnä raakaveden laadun seurannassa, esim. varauduttaessa sinileväkukinnan torjuntaan kesäisin.

Valvontaviranomaisen omaksuman käytännön mukaan velvoitetutkimuksissa seurataan asumajätevesien vaikutusta purkuvesistöön 2...12 kertaa vuodessa kuormituksen suuruudesta ja vesistössä tapahtuvasta laimenemisesta riippuen. Tämä on perusteltua, koska suhteellisesti suurempi kuormitus voi aiheuttaa purkuvesistössä vastaavasti nopeampia muutoksia.

Käytettäessä automaattilaitteita vesistön veden laadun seurantaan on ilmeisesti syytä pyrkiä samoihin havaintotiheyksiin kuin hydro-

logisissa mittauksissa. Näin helpotetaan erilaisia parametreja koskevien tulosten yhdistelemistä suunnittelua varten. Sopivia jaksoja ovat siten päivä, kuukausi ja vuosi tai sopivat hydrologiset jaksot kuten roudan ja jääpeitteen aika, kevättulva ja muu avovesikausi. Suurten vedenottamoiden raakavedessä on automaattisen seurannan mahdollisuuksia tiheämpään mittaukseen syytä käyttää erityisesti silloin, kun vedenottovesistö on nopeasti virtaava, alttiina huomattavalle jätevesikuormitukselle tai valuma-alueella tapahtuville onnettomuusriskeille. Primäärihavaintojen tarvittava tiheys voi tällöin olla minuuttienkin luokkaa riippuen riskialttiiden kohteiden, hälytysaseman ja vedenottopaikan keskinäisistä etäisyyksistä sekä ehkäisevien tai suojaavien toimien vaatimasta ajasta.

Hälytysmahdollisuuteen tähtäävässä vedenottovesistön seurannassa on tuskin syytä pyrkiä suurempaan näytteenottotiheyteen kuin mitä kestää tiedon kulku havainnosta käyttäjälle. Muussa seurannassa sekoittumis- ja laimenemistapahtumien stokastisuudesta aiheutuu vastaava rajoitus, joka riippuu viipymistä. On katsottu, että keskimäärin valuma-alueen tapahtumat heijastuvat Suomen vesistöjen alajuoksulla viikkojen luokkaa olevan jakson kuluessa. Tulvan aikana voi olla kysymys päivistä, jopa tunteista, samoin jos laatumuutoksen aiheuttaja on lähellä mittauspaikkaa. Suurissa vesistöissä keskimääräinen viipymä on usein huomattavastikin pitempi.

Jaksollisia vaihteluja selvitettäessä voidaan pitää nyrkkisääntönä, että havaintointervallin sopisi olla enintään puolet lyhimmän tarkasteltavan jakson aallonpituudesta. Tulkittaessa veden laatuparametrien mittaustuloksia tilastollisesti monimuuttujamenetelmin on syytä ennen havaintojen tekoa suunnitella havaintojen kokonaismäärä sellaiseksi, että se vastaa tuloksia selittävien ja luokittelevien muuttujien lukumäärää. Tähän on kehitetty vakiintuneita laskentamenetelmiä, joita tosin melko harvat vesistötutkijat käyttävät hyväkseen, joten kokemuksia on niukasti.

KIRJALLISUUTTA

- Cairns, Jr., J., Dickson, K.L. & Westlake, G.F., 1974. Continuous Biological Monitoring to Establish Parameters for Water Pollution Control. Proc. 7th Int. Conf. on Water Pollution Res. Sept. 9...13, 1974. Paris.
- Gyllenberg, G., 1974. Ekologiset mallit ja ennusteet. Ympäristön-suojelun ekologia. INSKO 91-74 (IV).
- Heinonen, P., Haverinen, A., Tuononen, E., Vakkilainen, P. & Melanen, M., 1974. Vesivaroihin kohdistuvan kuormituksen vaikutusten seuranta ja arviointi. YVY-esitutkimus E-5.
- Knöpp, H. Der Assimilation-Zehrungstest, ein neues Verfahren zur Toxikologischen Prüfung von Abwässern. Deutsche Gewässerkundlicht Mitteilungen 5 (1961) 66...73 (H.3). Ref. Kangas, I., INSKO 9-65.
- Laaksonen, R., 1974. Veden laadun rakenteesta. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 9. Vesihallitus.
- Lappalainen, K.M., 1975. Järvien ravinnekuormituskapasiteetti. Ympäristö ja Terveys 6, 2, 133...143.
- Lehmusluoto, P.O., 1972. Algal assay procedure in use in Finland. Algal Assays in Water Pollution Research. Proc. from A Nordic Symposium, Oslo 25-26 Oct. 1972, pp 33...34. Nordforsk.
- Miettinen, V., 1975. Vesistöjen myrkkykuormituskapasiteetti. Ympäristö ja Terveys 6, 2, 107...112.
- Mustonen, S.E., 1971. Alivaluman vaihteluista pienillä alueilla. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 1. Vesihallitus.
- Seppänen, P., 1973. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet ja toteutusmahdollisuudet. Vesihallituksen julkaisuja 3. Vesihallitus.
- Solyom, P., 1975. Continuous Monitoring of Acute-Toxic Substances in Waste Water. 2nd Int. Congress on Ind. Waste Water and Wastes, Stockholm, Feb. 4...7, 1975.
- Vesihallinnon toiminta 1972. Vesihallituksen julkaisuja 4. Vesihallitus, Helsinki 1973.
- Vesilaitosten raakaveden laatuvaatimukset. Kaupunkiliiton toimiston julkaisu B 33, Lahti 1970.

Raakaveden kriteerien taulukko

("Vesilaitosten raakaveden laatuvaatimukset"
Kaupunkiliiiton toimiston julkaisu B 33 1970)

Aine, ominaisuus tai organismi	Suurin sallittu
mg/l ellei toisin mainita	pitoisuus

1. Lähinnä juomaveden laatuun vaikuttavat kemialliset aineet

Pintavesi ja pohjavesi	
Arseeni (As)	0,05
Barium (Ba)	1,0
Elohopea (Hg)	0,005
Fluori (F)	1,5 ¹⁾
Kadmium (Cd)	0,01
Kloridi (Cl)	250
Kromi (Cr)	0,05
Kupari (Cu)	1,5
Lyijy (Pb)	0,05
Mangaani (Mn)	0,5 ²⁾
Nitraatti (NO ₃)	30
Hapot ja emäkset (pH)	5,5—9,5
Rauta (Fe)	2,0 ²⁾
Seleen (Se)	0,01
Sinkki (Zn)	1,5
Sulfaatti (SO ₄)	200
Syanidi (CN)	0,2

2. Liika-aineet

Pintavesi ja pohjavesi	
Anioniaktiiviset pesuaineet	0,5
Fenolihdisteet	0,005
Öljyt ja rasvat	Ei öljykalvoa eikä öljyn hajua
Haju	Ei jätevesistä peräisin olevaa tai muuta pilaantuneen veden hajua

3. Vesistön tilaa ja keuornitusta ilmentävät aineet ja ominaisuudet

Pintavesi	
Biologinen hapenkulutus 7 vrk 20°C (BHK ₇)	4,0
Liuennut happi, kyllästys-%	ei alle 60
Väri mg Pt	150
Kaliumpermanganaatin kulutus (KMnO ₄ -kul)	80 ³⁾
Ammoniakki (typpenä) (NH ₃ -N)	
— joki, talvella	1,0 ⁴⁾
— järvi, talvella	0,5 ⁴⁾
Nitriitti (NO ₂)	0,4
Lämpötila °C	25
	Lämpötila ei saa jäte- tai jäähdytysveden vaikutuksesta nousta yli 3°C.

4. Pieneliöt

Pintavesi	
Planktonlevien kasvu	Ei voimakasta sinileväkukin- taa. Happi ei mainitun levä- kukinnan johdosta saa vuoro- kaudessa vaihdella yli 3 mg/l
Fekaaliset kolimuotoiset bakteerit/100 ml (+ 44°C)	1000
Fekaaliset streptokokit/100 ml (+ 35°C)	1000

Pohjavesi	
	Pohjaveden tulee täyttää juo- maveden laadulle asetetut hy- gieeniset vaatimukset.

5. Radioaktiivisuus

Pinta- ja pohjavesi

Raakaveden radioaktiivisuus ei saa ylittää juomavedelle asetettuja arvoja. Jos radioaktiivisuus nousee yli luonnonmukaisten arvojen, on tämän syy välittömästi asianmukaisin tutkimuksin selvitettävä.

¹⁾ Arvo perustuu lääkintöhallituksen yleiskirjeeseen No 1404. Mikäli talousveden terveydellisiä laatuvaatimuksia fluorin osalta muutetaan, raakaveden arvoon tulee muutosta soveltaa vastaavasti.

²⁾ Arvot voivat olla suurempia, jos kysymyksessä on pohjavesi, mutta puhdistetun veden tulee täyttää juomavedelle asetettu normi. Puhtaissa humusvesissä voidaan poikkeuksellisesti sallia suurempia rautapitoisuuksia, ei kuitenkaan yli 4 mg/l.

³⁾ Humusvesissä

⁴⁾ Koska ammoniakkin kesäarvot ovat tavallisesti pieniä eivätkä sellaisina kuvaa vesistön kuormitusta, niille asetettavat vaatimukset on jätetty pois.

AUTOMATIikka VESIHUOLLON EDELLYTTÄMISSÄ VESISTÖTUTKIMUKSISSA

1. NYKYTILANNE

1.1 Automaattiset vesistömittaukset

Lisääntyvä teollisuuden, asutuksen, maatalouden, liikenteen ym. syiden vesistöihin kohdistama kuormitus toisaalta ja vesihuollon, vesistöjen virkistyskäytön ja luonnonsuojelun asettamat veden laatuvaatimukset toisaalta edellyttävät tärkeimpien vesistön tilaa kuvaavien parametrien tarkkaa seuranta. Seurannan saaminen riippumattomaksi vuorokauden ajasta, viikontäivistä, juhlapäivistä ym. ihmistyövoiman käyttöön liittyvistä rajoituksista sekä mittaustietämyksen saamiseksi kohtuullisin kustannuksin riittävän suureksi vesistömittauksia on pyritty automatisoimaan. Jatkuva automaattinen toiminta edellyttää mittauslaitteelta erittäin varmaa ja yksinkertaista toimintaa. Tästä syystä käytetyt mittauslaitteet ovat pääasiassa elektrodityyppisiä. Yleisimmät automaattiset mittaukset ovat:

- lämpötila
- johtokyky
- pH
- liuennut happi
- sameus
- redox-potentiaali
- Cl^- -pitoisuus

Lämpötila on tärkeä, koska kemiallisten ja biologisten reaktioiden nopeus on verrannollinen lämpötilaan ja hapen kyllästyspitoisuus on kääntäen verrannollinen lämpötilaan.

Johtokyky ei ole millekään aineelle spesifinen mittaus, mutta siitä saadaan summittainen arvio liuenneiden suolojen määrästä. Lisäksi johtokyvyn äkilliset muutokset ovat merkinä jostakin päästöistä.

Myöskään pH ei ole spesifinen mittaus, mutta sillä on tärkeä mer-

kitys vedessä olevalle eliöstölle, joka parhaiten viihtyy vedessä, jonka pH on 6,5...8,5. Lisäksi äkilliset pH:n muutokset ovat merkinä päästöstä, ja muutoksen suunta antaa tiedon päästön luonteesta.

Koska liuenneen hapen mittaus on tunnettu kauan, pisimmät havaintosarjat ovat n. 100 vuoden mittaisia.

Sameus ei myöskään ole spesifinen millekään määrätylle kiintoainelajille. Se antaa kuvan vedessä tapahtuvasta auringonvalon absorptiosta, mikä vähentää täten niiden hapen tuotantoa. Lisäksi osa kiintoaineesta yleensä on orgaanista ainetta, joka hajotessaan kuluttaa happea. Tämän lisäksi äkillinen sameuden kasvu voi olla merkki jätepäästöstä.

Redox-potentiaali kuvaa vedessä olevien hapettuvien ja pelkistyvien aineiden välistä suhdetta. Sellaisenaan se ei ole millekään aineelle spesifinen, ja sen arvoon vaikuttaa lämpötila, pH ja liuenneen hapen määrä, mutta sen muutokset edellä mainitut häiriötekijät huomioon ottaen kertovat veden tilan muutoksista.

Cl^- -pitoisuus on spesifinen ja kertoo makeassa vesistössä meriveden sekoittumisesta tai Cl^- -päästöistä.

Mittausasemille on ominaista, että ne ovat ainakin tietyssä määrin modulaarisia ja sallivat kussakin tapauksessa tarvittavien mittausten ottamisen mukaan. Myös tulostus ja mittaustulosten siirto on yleensä valittavissa tarpeen mukaan.

Seuraavassa käsitellään aktiivisimmin Suomessa markkinoitavat viisi mittausasemaa.

1.2 Beckman Model 9500

Mittausasema on modulierakenteinen ja koostuu mittauskammiosta, mitälähetinosasta ja tulosten rekisteröintiyksiköstä. Modulierakenne helpottaa laitteen kuljetusta, asennusta ja huoltoa sekä tekee mah-

dolliseksi valita kuhunkin sovellutukseen tarvittavat mittaukset seuraavista:

- pH (pH 0...14)
- redox-potentiaalia (-700...+700 mV)
- Cl^- -pitoisuus (1...1 000 ppm tai 10...10 000 ppm)
- lämpötila (0...140 °F)
- sameus (0...1 400 J.T.U.)
- liuenneen hapen pitoisuus (0...28 ppm)
- johtokyky (0...350 - 0...56 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- auringon säteily (0...2,8 $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$)

Mittausasemassa käytetään pH-mittaukseen erillistä lasi- ja vertailuelektrodia. Johtokykymittaus suoritetaan induktiivisella anturilla, joka ei ole herkkä likaantumiselle, mutta sen pienin mittausalue on 0...350 S/cm ja suurin 0...56 mS/cm. Liuenneen hapen pitoisuus mitataan polarograafisella kulta-hopea-elektrodilla, jossa on elektrolyyttinä KCl-liuos ja Teflonkalvo, jonka läpi happi diffundoituu mitattavasta vedestä. Sameusmittaus perustuu vedestä siroavan valon mittaukseen, jolloin ei aiheudu virhettä likaantumisesta.

Kaikkien mittalähettimien ulostulosignaali on 4...20 mA, ja tulokset talletetaan 3-kynäpiirtureilla. Tulokset voidaan myös siirtää muutaman kilometrin etäisyydelle ilman lisävahvistimia ja pitemmälle kaukosiirtolaitteiden avulla.

1.3 Philips

Tanskassa Philips on kehittänyt pienen siirrettävän mittausaseman, johon voidaan valita 4 seuraavista mittauksista:

- liuennut happi (0...100 % tai 0...30 ppm)
- lämpötila (0...60 °C)
- pH (-1...+15 $\Delta\text{pH} = 2,5$ tai 10)
- redox-potentiaali (-500...+500 mV)
- johtokyky (0...20 mS/cm)
- ionipitoisuus (Br^- , Cd^{2+} , Cl^- , Cu^{2+} , CN^- , F^- , I^- , Ag^+ , S^{2-} , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+})

Lisäksi asemaan kuuluu 24-pulloinen näytteenkeruulaite, joka ottaa näytteen 10, 30 tai 60 minuutin väliajoin. Asemaan kuuluvat osoittavat mittarit ja kirjoitin, jonka tulostusväliksi voidaan valita 10, 30 tai 60 minuuttia.

Hollannissa Philips on kehittänyt suuren vesistömittausaseman, johon kuuluvat seuraavat mittaukset:

- pH (pH 5...10)
- redox-potentiaali (-500...+500 mV)
- pCl (pCl 2...4)
- johtokyky (0...2 000 μ S/cm)
- liuennut happi (0...100 % tai 0...30 ppm)
- lämpötila (0...30 $^{\circ}$ C)
- sameus (0...100 FTU)

Asemaan voidaan lisätä toinen mittauskammio, johon voidaan sijoittaa esimerkiksi ioniselektiivisiä elektrodeja. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että luonnonvesissä pitoisuudet ovat niin pieniä, että ne ovat mittausalueen alapuolella ja lisäksi muiden ionien häiritsevä vaikutus aiheuttaa merkittävää virhettä. Lisäksi ioniselektiiviset eivät vielä ole yhtä luotettavia kuin valittujen perusmittausten anturit. Tietyissä erikoistapauksissa, joissa tiedetään jonkin ionin pitoisuuden olevan elektrodin mittausalueella, voidaan sellainenkin mittaus liittää asemaan.

Asemaan kuuluu 12-pulloinen näytteenkeruulaite, joka ottaa näytteen vedestä jonkin mittauks tuloksen mennessä asetettujen rajojen ulkopuolelle. Näytteenotto voidaan valita tapahtuvaksi heti hälytysrajan ylityksen jälkeen tai määrätyin väliajoin hälytystilan kestäessä. Näytteet säilytetään jääkaapissa, johon näytteenotin on rakennettu.

Laitteen huoltovälin pidentämiseksi siinä on ultraäänipuhdistus pH:n redox-potentiaalin, pCl:n, lämpötilan ja liuennun hapen antureille tunnin väliajoin. Lisäksi asemaan kuuluu automaattinen kalibrointi pH:n, redox-potentiaalin, pCl:n, johtokyvyn ja liuennun hapen antureille 12 tai 24 tunnin väliajoin. Kalibrointitu-

lokset tallettavat mittaustulosten tavoin piirturipaperille, ja niiden perusteella voidaan laskea todelliset arvot. Lisälaitteena on saatavana yksikkö, joka välittömästi korjaa mittausrvirheet säätämällä mittalähettäjiä.

Mittaustulokset voidaan rekisteröidä piirtureilla sekä lisäksi tallettaa joko paperi- tai magneettinauhalle. Jos mittaustulokset halutaan siirtää jonnekin valvontakeskukseen, se ei voi tapahtua puhelinlinjoja tai radiolinkkiä käyttäen.

1.4 Plessey MM5

Englantilainen Plessey'n MM5 vesistömittausasema on modulierakenteinen kuten edellisestkin, mutta vakiokokoonpanona pidetään laitteistoa, jossa mitataan:

- lämpötila (-5...+35 °C)
- johtokyky (0,1...10 - 30...3 000 µS/cm)
- pH (pH 2...10)
- liuennut happi (0...100 % tai 0...200 %)
- sameus (0...1 000 mg/l)

Edellisistä poiketen laite ei mittaa jatkuvasti, vaan 15 minuutin väliajoin. Kellon ohjaamana näytepumppu käynnistyy, jonka jälkeen vettä pumpataan mittauskammioiden läpi 3 minuuttia, jotta mittausrvot ehtivät asettua ja sen jälkeen mittaustulokset talletetaan piirturille ja magneettinauhalle. Tämän jälkeen näytepumppu pysähtyy ja mittauskammiot tyhjenevät. On todettu, että laitteen puhdistustarvetta on saatu vähennetyksi, kun vesi ei koko ajan kierrä mittausrkennoissa.

Mittauksille voidaan asettaa rajat, joiden ylitys aiheuttaa näytteenoton, mutta laitteessa on vain yksi näytepullo, joka on tyhjennettävä ennen kuin voidaan ottaa uusi näyte. Mittausasemaan kuuluu myös automaattinen kalibrointi, jossa mittausrkennojen läpi kierrätetään kalibrointiliuosta. Koska liuos on kaikille yhteinen, on vaikea löytää sopivaa kalibrointiliuosta kaikille mittauksille. Valmistajan kokemusten mukaan on hyödyllisempää panna pesuainetta

kalibrointiliuossäiliöön. Kalibrointimittauksen tulos tallentuu normaaliin mittausten tavoin varustettuna kalibrointitunnukseksi. Mittaustuloksen perusteella voidaan laskea korjauskerroin, jolla mittaustulokset on korjattava.

Laite toimii kahdella 12 V:n akulla, joista asemaan kuuluva virtalähde varaa. Jollei verkkojännitettä ole saatavissa, akut on vaihdettava n. viikon välein.

Mittausasemassa on varattu laajennustilaa kahdelle mittaukselle. Haluttaessa mittaustulokset voidaan siirtää valvontakeskukseen. Mittausasemassa on varattu tilat tiedonsiirtolaitteistolle.

Plessey valmistaa myös veteen upotettavaa mallia MM4, jossa mitaukset ovat samat kuin MM5:ssä. Laitteessa ei ole näytteenottoa eikä kalibrointia. Mittaustulokset tallennetaan magneettinauhalle tai välitetään kaapelin avulla rekisteröitäviksi.

1.5 Protech malli 800

Mittausasema on edellisten tavoin modulierakenteinen, ja siihen voidaan valita kuusi mittausta seuraavista:

- liuennut happi (0...20 mg/l)
- johtokyky (0...1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- sameus (0...500 ppm)
- pH (pH 2...12)
- lämpötila (0...50 $^{\circ}\text{C}$)
- pCl (pCl 1...5)
- redox-potentiaali
- ionipitoisuudet

Mittaustulokset talletetaan monipistepiirturilla ja voidaan data-loggeria käytettäessä välittää kaukosiirtona. Mittausasemaan ei sisälly näytteenottoa, automaattista pesua eikä kalibrointia.

1.6 Ulmaelektro Oy EMO-100

Ulmaelektro Oy:n kehittämään EMO-100 vesistömittausasemaan sisältyvät vakiomittaukset ovat:

- lämpötila (-10...+40 °C)
- johtokyky (0...300 µS/cm)
- pH (pH 2...12)
- liuennut happi (0...150 % kyllästysarvosta)
- sameus (0...10 FTU)

Lisäksi on laajennusvarat viidelle elektrodityyppiselle mittaukselle, jotka voidaan sijoittaa mittausaseman kaappiin. Analysaattorityyppisiä mittalaitteita voidaan liittää asemaan, mutta ne on sijoitettava erilliseen kaappiin tai hyllyyn.

Mittausasemaan kuuluu jääkaappiin sijoitettu 24-pulloinen näytteenkeruulaite. Huoltotarpeen vähentämiseksi mittausasemassa on antureiden automaattinen pesu ja kalibrointi.

Koska mittausasema on tarkoitettu käytettäväksi tietokoneen ohjaaman valvontajärjestelmän yhteydessä, siinä ei ole paikallista mitaustulosten näyttöä eikä rekisteröintiä, vaan mitaustulokset välitetään kaukosiirtona valvontakeskukseen, jossa tietokone tekee mitaustulosten skaalaukset ja hälytysrajatarkistukset sekä laskee mitaustuloksista johdettuja suureita ja ylläpitää eri aikavälien historiatietoja. Huoltoa ja laitteiden kokeilua varten asemassa on osoittavien mittareiden ja piirturin liitännämahdollisuus.

Koska asemat on suunniteltu tietokonejärjestelmän yhteydessä käytettäväksi, niissä ei ole kustannusten säästämiseksi lämpötilakompensointia, eikä mittauslähettimien säätöä kalibrointien perusteella, vaan tietokone laskee lämpötilakorjaukset sekä kalibrointien perusteella skaalausvakiot.

Mittausaseman näytteenkeruulaite toimii ainoastaan tietokoneen antamien ohjausten perusteella. Kullekin mittaukselle voidaan valita hälytysraja, jonka ylitys aiheuttaa hälytyksen tulostumisen raport-

tikirjoittimelle. Lisäksi voidaan näytteenotto järjestää tapahtuvaksi automaattisesti hälytystilanteessa. Automaattisen hälytysnäytteenoton lisäksi näytteenotto voidaan käynnistää normaalisti vesistöasemalta käsin tai tietokoneen kirjoittimilta.

Mittausaseman kalibrointi ja pesu käynnistyvät automaattisesti halutuun väliajoin tietokoneen antamasta käskystä. Lisäksi ne voidaan käynnistää normaalisti. Pesuun kuuluu antureiden pesu ja huuhtelu, kalibrointi kahdessa liuoksessa ja huuhtelu niiden välillä sekä loppuhuuhdtelu. Kalibrointimittausten tulokset välittyvät mittaustulosten tavoin tietokoneelle, mutta samalla menee tieto kalibroinnista, mikä aiheuttaa uusien skaalausvakioiden laskeamisen.

Vesistöaseman toiminnan ja tilan seuraamista ja tietokoneen ohjelmiston ohjausta varten välitetään statustietona vesistöasemalta tieto pesun, kalibroinnin, näytteenoton pysähtymisestä, näytepullojen vaihdosta tai poistamisesta ja manuaalinen näytteenottopyyntö. Tietokone voi lähettää puolestaan vesistöasemalle käskyn näytteenoton, pesun tai kalibroinnin käynnistämisestä.

2. KEHITTÄMISTAVOITTEET JA -MAHDOLLISUUDET

2.1 Automatisoinnin yleisiä edellytyksiä

Automaattiselta mittausasemalta edellytetään kykyä tulla toimeen ilman käyttö- ja huoltohenkilökuntaa mahdollisimman kauan yhtäjaksoisesti. Kohtuullisena huoltotarpeena voitaneen pitää 1...2 viikon välein tapahtuvaa huoltokäyntiä, jolloin lähinnä vaihdetaan pesu- ja kalibrointiliuokset sekä tarvittaessa tehdään vähäistä puhdistusta. Varsinaisten huoltokäyntien väliajan tulisi olla muutamia kuukausia, jotta käyttökustannukset eivät muodostuisi työpalkkojen osalta kovin suuriksi. Tämä edellyttää mittausasemilta erittäin luotettavaa ja yksinkertaista toimintaa sekä kykyä selviytyä itsenäisesti sähkökatkoista ym. erikoistilanteista. Ei tunnu kovin mielekkäältä, että jonkin mittalaitteen käyttö edellyttäisi enemmän valvontamittauksia ja laitteen säätöä kuin sillä mita-

taan varsinaisia parametreja vedestä. Lisäksi mittauslaitteen tulisi olla jatkuvatoiminen, joskin tietokoneen ohjelmistossa voidaan myös ottaa huomioon jaksoittain toimivana analysaattorin vaatimukset.

2.2 Vesistöjen valvomon edellyttämistä mittauksista

Jo edellä esitetyillä useimpiin mittausasemiin sisältyvillä perusmittauksilla saadaan kohtalaisen hyvä kuva vesistön tilasta, jota voidaan kohtuullisin kustannuksin täydentää harvemmin tehtävillä perusteellisemmilla veden tilan tutkimuksilla. Lisäksi tarkasteltaessa pitemmän ajan tuloksia havaitaan veden tilassa tapahtuneet muutokset, joiden syyt voidaan yrittää selvittää manuaalisilla analyysillä vedestä otetuista näytteistä.

Edellä mainittujen perusmittausten lisäksi ravinteiden ja myrkyllisten aineiden pitoisuudet sekä biologinen hapenkulutus ovat tärkeitä veden tilaa kuvaavia suureita. Myrkyllisten aineiden automaattinen on-line-mittaus tuskin onnistuu nykyisin menetelmin, koska vaaralliset pitoisuudet ovat niin pieniä, että niiden mittaamiseen tarvitaan usein näytteen esikäsittelyä ja vaativia manuaalisia analyysieja. Biologisen hapenkulutuksen mittaus sen vaatiman pitkän ajan vuoksi on täysin sopimaton on-line-mittaukseksi. Vesistö- ja kuormitustyyppistä riippuen voidaan kuitenkin saada kokeellisesti riittävän tarkka korrelaatio biologisen hapenkulutuksen ja kemiallisen hapenkulutuksen, orgaanisen hiilen määrän tai jopa värin välille.

Markkinoilla on useita orgaanisen hiilen tai kemiallisen hapenkulutuksen mittauslaitteita. Orgaanisen hiilen mittaus perustuu yleensä näytteen katalyyttiseen hapetukseen ja muodostuneen CO_2 :n määrittämiseen vaihtelevin menetelmin. Beckman valmistaa sekä laboratorio- että prosessimallia TOC-analysaattorista, joista jälkimmäinen ottaa näytteen viiden minuutin väliajoin ja määrittää siitä hiilen kokonaismäärän.

Delta Scientific Co valmistaa täysin automaattista, jatkuvatoimis-

ta analyysaattoria, joka voidaan asettaa mittaamaan epäorgaanisen, orgaanisen tai kokonaishiilen. Mittausalueet ovat 0...10 - 0...5 000 mg/l. Valmistajan ilmoituksen mukaan näytteessä saa olla kiinteätä ainettakin.

Envirotech Co valmistaa Dohrmann DC-50 TOC-analyysaattoria, joka pystyy mittaamaan alueen 0...1 999 mg/l. Se on kuitenkin käsikäyttöisenä soveltumaton automaattisen vesistöaseman yhteyteen.

Englantilainen Phase Separations Ltd valmistaa TOC-analyysaattoria, joka suorittaa 8...10 määrittystä tunnissa.

Ruotsalainen Axel Johnson Institutet för Industriforskning on kehittänyt kemiallisen hapenkulutuksen mittarin, joka perustuu näytteen keittoon $K_2Cr_2O_7$:n ja H_2SO_4 :n kanssa sekä jäljelle jääneen $K_2Cr_2O_7$:n fotometriseen määrittelyyn. Mittausalueet ovat 0...250 ja 0...1 000 mg/l KHK. Mittausaika on aseteltavissa välillä 10...190 min.

Philips valmistaa kemiallisen hapenkulutuksen analyysaattoria, jossa näyte poltetaan katalyyttisesti $900^{\circ}C$ lämpötilassa tunnetun määrän O_2 sisältävässä N_2 -atmosfäärissä. Mittaus perustuu poltossa kuluneen hapen korvaamiseen tarvittavan hapen määrän mittaukseen.

Fosfaattien määrittämiseksi Hach Chemical Co on kehittänyt märkämekemiallisiin menetelmiin perustuvia analyysaattoreita, jotka on lähinnä tarkoitettu höyrykattiloiden syöttöveden valvontaan ja vastaaviin tarkoituksiin. Mitta-alueet ovat 0...2 - 0...50 mg/l.

Useat elektrodivalmistajat valmistavat fosfaateille, nitraateille ja eräille myrkyllisille ioneille elektrodeja. Elektrodit ovat kuitenkin yleensä herkkiä myös muille ioneille, jotka näin aiheuttavat häiriöitä mittaukseen. Samoin pH:lla voi olla vaikutusta mittaustulokseen.

3. SUOSITUKSET TOIMENPITEIKSI

Kaikkien uusien analyysilaitteiden kehittäminen edellyttää niin suurta tutkimuspanosta, että siihen tuskin on mahdollisuutta. Olisi kartoitettava markkinoilla olevat laitteet ja haettava niistä automaattisen mittausjärjestelmän yhteyteen soveltuvat.

Toisaalta keräämällä vesistökohtaista tietoa on selvitettävä, mitkä automaattisesti mitattavista suureista pystyvät indikoimaan jossakin veden ominaisuudessa tapahtuneet muutokset, jotka voidaan sitten otettujen näytteiden perusteella lähemmin määrittää. Edelleen on selvitettävä, millainen korrelaatio vallitsee sellaisten suureiden välillä, jotka voidaan mitata suoraan ja joita ei tarpeesta huolimatta voida mitata automaattisesti. Näiden ehkä vesistökohtaisten riippuvuuksien avulla voidaan sitten laskea halutut parametrit.

Näiden tutkimusten perusteella voidaan sitten valita ne parametrit, jotka on kussakin tapauksessa mitattava automaattisesti. Näihin mittauksiin on sitten etsittävä parhaat mittalaitteet tarvittaessa kokeilemalla ja modifioimalla markkinoilla olevia laitteita.

VESILAITOSTEN JAKAUTUMINEN JAKELUUN PUMPUTUN VESIMÄÄRÄN JA VEDENOTTOPAIKAN MUKAAN VUONNA 1972

Vedenottopaikka	Vesilaitosten ^{x)} lukumäärä					Yhteensä
	Jakeluun pumputtu vesimäärä m ³ /vrk					
	-99	100-299	300-1499	1500-7499	yli 7500	
Järvi	9	17	21	17	6	70
Lampi	14	3	3	1		21
Joki	3	11	19	13	10	56
Tekoallas	2	1		1	1	5
Kaivo	178	175	122	31	6	512
Tekopohjavesi	1	1		2		4
Toisen laitoksen verkosto	13	6	9	4	1	33
Yhteensä	220	214	174	69	24	701

x) Jos samalla vesilaitoksella on sekä pohja- että pintavedenotto, on kumpikin laskettu taulukkoon erillisenä laitoksena.

VESILAITOSTEN JAKAUTUMINEN JÄTEVESIKUORMITUKSEN JA PURKUPAIKAN MUKAAN VUONNA 1972

Jätevesien purkupaikka	Viemärlaitosten ^{x)} lukumäärä Jätevesikuormitus m ³ /vrk					Yhteensä
	-99	100-299	300-1499	1500-7499	yli 7500	
Meri	9	10	10	15	7	51
Järvi	48	60	47	17	9	181
Joki	54	83	65	20	3	225
Puro	18	11	7	3	1	40
Oja	28	19	24	4		75
Muu	8	4		1		13
Yhteensä	165	187	153	60	20	585

^{x)} Mikäli viemärlaitos purkaa jätevetensä erilaisiin purkupaikkoihin,
on kukin purkupaikka laskettu taulukkoon erillisenä laitoksena.

OTE VESIENTUTKIMUSLAITOKSEN TUTKIMUSOHJELMASTA
VUODELLE 1975

196 Matemaattisen mallin kehittäminen veden laadun ennustamiseen

Projektin tarkoituksena on:

1. Tutustua tehtyihin veden laadun ennustemalleihin kirjallisuuden ja julkaisujen avulla sekä laatia raportti, joka sisältää yhteenvedon mallien ominaisuuksista ja todennäköisestä käyttökelpoisuudesta Suomen olosuhteissa (vrt. kohta 3).
2. Selvittää miten laatuhavainnot tulisi ajallisesti ja paikallisesti tehdä, jotta saataisiin tilastollisesti edustava aikasarja ennusteiden laskemiseen ja muuttujien välisten yhteyksien tutkimiseen.
3. Selvittää, mitkä muuttujat Suomen oloissa on otettava ennustemalliin mukaan sekä etsiä muuttujien väliset yhteydet kirjallisuuden ja tilastomatemattisten selvitysten avulla.
4. Rakentaa veden laadun ennustamiseen soveltuva simulointimalli siten, että se on ohjelmoitavissa digitaalitietokoneelle. Tällöin on ratkaistava mm. osittaisdifferentiaaliyhtälöiden numeeriseen ratkaisemiseen liittyvät ongelmat.
5. Laatia edellä määritelty veden laadun ennustemalli.
6. Laatia systeemin käyttöohjeet ja esitteet, joiden avulla myös varsinaisia ATK-menetelmiä vähemmän tuntevat tutkijat voivat käyttää systeemiä.

Projektin arvioitu kesto aika on 2-3 vuotta. Siihen saattaa tulla muutoksia esim. laskentatietojen puutteen takia. Projekti on tarkoitus viedä läpi siten, että yllä esitetyt osat ovat itsenäisiä kokonaisuuksia. Vuoden 1975 aikana pyritään tekemään kohdat 1-3.

Projekti kuuluu J. Elorannan tehtäviin.

YVY-julkaisusarja

1. Vesihuollon taloudellisuus
2. Vedenkulutuksen vaihtelut
3. Vesijohtoverkon toiminnan luotettavuus
4. Jätevedenpuhdistamojen allastilojen kattaminen
5. Ammoniakin poisto pohjavedestä
6. Teurastamojen ja lihanjalostuslaitosten jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
7. Maidonjalostusteollisuuden jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
8. Vesi- ja jätehuollon laitteiden julkinen testaus
9. Jätehuollon esimerkkisuunnitelman laatiminen keskisuurille kunnille
10. Yhdyskuntien jätehuollon nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät
11. Menetelmä taajamien vesihuollon toteuttamisasteen ja kehityksen arvioimiseksi
12. Kaatopaikat 1974
13. Viemärilaitoksen systeemianalyysi
14. Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus

ISBN 951-9250-63-8
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY 3762
HELSINKI 1976